

Trabajo Fin de Grado

Historia Climática Medieval
Fuentes para su estudio
Medieval Climatic History: Sources for its Study

Autor

Mario Izquierdo Castro

Directoras

María Luz Rodrigo Estevan

Lidia C. Allué Andrés

GRADO EN HISTORIA
Año académico 2020/2021

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	5
1. Justificación y motivación del trabajo	5
2. Objetivos principales	6
3. Metodología	7
4. Estado de la cuestión	8
II. DESARROLLO TEMÁTICO	13
1. Archivos naturales	14
1.1. Dendrocronología	15
1.2. Fenología	17
1.3. Palinología y carpología	19
1.4. Testigos de hielo	20
1.5. Sedimentos lacustres	24
2. Fuentes documentales	24
2.1. Crónicas y anales islámicos	26
2.2. Crónicas y anales cristianos	29
2.3. Actas capitulares	32
2.4. Un <i>proxy</i> de gran interés: las rogativas <i>pro pluvia</i> y <i>pro serenitate</i>	33
2.5. Más allá de la Península Ibérica: los rollos señoriales de Francia	36
III. ESTUDIO DE CASO: LA «GRAN HAMBRUNA» DE 1315-1322 EN EL NOROESTE DE EUROPA	39
1. Las alteraciones climáticas de 1315-1322 y su impacto en las cosechas	39
2. Consecuencias económicas	41
3. Consecuencias en la demografía y en la sociedad	43
4. Consecuencias en los animales	46
IV. CONCLUSIONES	49
V. BIBLIOGRAFÍA	51
VI. ANEXOS	59
Anexo 1. Siglas y bases de datos	59
Anexo 2. Extractos de fuentes documentales	61
Anexo 3. Tablas	64
Anexo 4. Gráficos	85
Anexo 5. Otras fuentes complementarias: Bases de datos informáticas	91

I. INTRODUCCIÓN

1. Justificación y motivación del trabajo

La motivación para la elección de este tema tiene su origen en mi afinidad y fuerte relación con el medio ambiente. Mi entorno familiar y mi propia vida han estado directamente vinculados con la geología, botánica, ornitología, herpetología y otras disciplinas de las ciencias naturales. Durante el Grado en Historia, esta relación se enfrió, y no fue hasta mi estancia Erasmus en el Trinity College de Dublín donde pude desarrollar desde la Historia un tema medioambiental. Gracias a la asignatura *Climate in the Ancient & Medieval Worlds* impartida por Francis Ludlow, aprendí y valoré la influencia del clima en el devenir histórico. Las clases fueron reveladoras en cierto sentido, ya que se centraban en la multidisciplinariedad de técnicas y el estudio de fenómenos en todo el planeta. Abarcaban desde Europa occidental hasta México o Japón y desde el fin del Imperio Romano de Occidente hasta la caza de brujas en el siglo XVII, pasando por la expansión vikinga en el Atlántico norte.

En los últimos años de alarmantes noticias sobre el cambio climático y sus efectos sobre el medio ambiente, la comunidad científica ha aumentado su interés por las ciencias medioambientales. La sociedad, además, ha comenzado a buscar soluciones para frenarlo o minimizar sus consecuencias, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible impulsados por Naciones Unidas y de reciente implantación en la Universidad de Zaragoza.

El conocimiento obtenido mediante las investigaciones paleoclimáticas también podría ser empleado para teorizar sobre el clima del futuro a partir del estudio de los cambios y fenómenos climáticos pasados gracias al principio del actualismo, según el cual las condiciones ambientales de determinados procesos pasados son idénticas a las presentes. Por esta razón, mediante una analogía entre ellas, se pueden conocer los factores que las motivaron.

La historia como ciencia estudia los acontecimientos cualesquiera que estos sean de la humanidad, pero para entenderlos no se puede recurrir únicamente a explicaciones derivadas de actividades humanas como la cultura, la política o la economía. Antes de la Revolución Industrial el clima fue decisivo para la agricultura, sobre la cual se sustentaron la alimentación y la economía desde el Neolítico hasta el fin del Antiguo Régimen.

La historia medioambiental tiene como fin relacionar las interacciones entre el entorno natural de la humanidad y sus sociedades. La vida cotidiana quedaba marcada por la meteorología debido a la escasa capacidad de respuesta de las sociedades preindustriales ante sus fenómenos adversos. Existen numerosos ejemplos en el pasado

que muestran esta estrecha relación entre los cambios climáticos y el devenir de las sociedades. Sin caer en una concepción determinista¹, aquellos tuvieron una importancia sobresaliente y en muchos casos minusvalorada en el colapso del Imperio Romano (Harper, 2017), el Imperio Azteca o al-Ándalus entre muchos otros (Fagan, 2009a; 2009b. Frey, 2016).

Los estudios medioambientales, y entre ellos la historia climática, conforman una disciplina científica relativamente reciente que trata de conocer y reconstruir el clima del pasado. En las últimas décadas se han visto favorecidos por la aplicación de nuevas tecnologías, los avances científicos, la inversión de los gobiernos y la creación de bases de datos que recogen y clasifican la información. Gracias a las mejoras en los instrumentos de datación y análisis, la paleoclimatología se ha revelado como una ciencia muy útil para la historia y cada vez más accesible debido al uso de recursos *online* disponibles para toda la comunidad académica.

Una prueba del creciente del interés que despierta este tema entre los profesionales puede apreciarse en el estudio de Ljungqvist publicado en 2021 en el que analiza 165 investigaciones sobre paleoclima realizadas desde distintas disciplinas entre el año 2000 y el 2019. Las múltiples aplicaciones de esta especialidad en desarrollo son ahora mismo deslumbrantes y se irán implementando aún más con el tiempo y la investigación.

En el caso concreto de los medievalistas, la historia climática aporta a su vez una regeneración metodológica respecto al uso de las fuentes disponibles para estudiar la Edad Media. Su material principal de trabajo sigue siendo el documento escrito y aboga por la relectura de los fondos documentales, aportando asimismo nuevas fuentes a tener en cuenta. Estas implican la conexión con otros campos científicos y ciencias auxiliares, favorecidos por proyectos de colaboración interdisciplinares.

2. Objetivos principales

La historia climática habitualmente ha tenido como cronología de estudio más antigua la Edad Moderna. Esto se debe principalmente a la mayor presencia de documentación y registros periódicos de este periodo asociados a fenómenos meteorológicos de la Pequeña Edad de Hielo², en comparación con la Edad Media. Ciertamente se ha conservado una menor cantidad de escritos medievales, pero eso no implica que no existan. Por ello el primer de este trabajo consiste en dar a conocer y evaluar algunas de las fuentes escritas disponibles para el desarrollo de la climatología medieval europea. Muchas de ellas tienen carácter local y son escasamente conocidas

¹ Este término tiene su origen en los territorios alemanes del siglo XVIII. Se entiende como la previsibilidad de la evolución del universo, atendiendo a sus características y reglas físicas y biológicas que hacen posible la reconstrucción de las sociedades tanto del pasado como del presente con exactitud (García, 2005: 309).

² En adelante, PEH.

más allá del ámbito regional. Siendo las dimensiones de este trabajo limitadas, me he centrado en las fuentes que pudieran utilizarse con facilidad a escala regional-nacional. La mayoría se enmarcan dentro de la Península Ibérica y, más concretamente, dentro de los límites de la antigua Corona de Aragón. Vamos a dar pues una visión general de las más destacables, con sus ventajas e inconvenientes, y a recopilar la bibliografía más relevante de este periodo y espacio concretos para conocer qué se ha estudiado hasta ahora.

Las fuentes que podemos utilizar para conocer el clima en el pasado no provienen solamente de la documentación escrita, sino también de los llamados «archivos naturales». Ambos conforman lo que se conoce como *proxy data*³. El segundo objetivo de este trabajo es presentar los archivos naturales más empleados en las investigaciones actuales a nivel global.

Por último, queremos resaltar la necesidad de la interdisciplinariedad para conocer el paleoclima y su influencia en las sociedades pasadas. Para ello expondremos un estudio de caso en el que utilizaremos diferentes tipos de *proxy data* con el objetivo de mostrar la importancia de cruzar los datos provenientes de varias disciplinas.

3. Metodología

Dado que el propósito de este trabajo consiste en dar a conocer la existencia y utilidad de las fuentes para el estudio de la historia climática, la explicación será al mismo tiempo descriptiva y comparativa.

La bibliografía que recoge las fuentes escritas medievales que podrían utilizarse para estudiar el clima es escasa y de difícil acceso. El proceso de recopilación e investigación se ha realizado leyendo un gran número de artículos y publicaciones de distintas disciplinas relacionadas con el tema objeto de estudio y observando sus métodos de obtención y tratamiento de la información. Después se ha confeccionado una selección de fuentes utilizadas, atendiendo a su cronología y al número de publicaciones.

En los dos primeros bloques se analizarán las fuentes consultadas, valorándolas de forma crítica y en función de sus aportaciones para la historia climática. Todas tienen ciertas limitaciones y restricciones espacio-temporales que las determinan y hacen

³ Se les llama *proxy data* porque no son datos científicamente mensurables, como sí lo son la temperatura, la humedad relativa del aire, la presión atmosférica, etc. Lamentablemente, no contamos con series de mediciones de estas variables de manera más o menos continuada hasta el siglo XVIII. Por ello, cuando queremos estudiar el clima de épocas anteriores a ese momento, debemos recurrir a los *proxy data*, los cuales aportan información indirecta sobre las condiciones climáticas imperantes.

⁴ Dada la extensión del trabajo, debemos dejar fuera algunas fuentes tan interesantes como las pinturas y grabados, como «La inundación del día de santa Isabel» (anónimo, c. 1490-1495) o «Cazadores en la nieve» (Pieter Brueghel el Viejo, 1565).

únicas. Esta singularidad hace que, a veces, su aplicación sea muy específica y no cubran el periodo medieval. En la mayoría de los casos, la ausencia de un registro homogéneo y continuado de datos hace que el conjunto de reconstrucciones climáticas se centre en eventos meteorológicos extremos⁵. Al mismo tiempo, su concreción permite obtener datos específicos muy útiles para la historia local y su interrelación en sus lugares de referencia puede resultar muy fructífera.

Dentro de los *proxy data* es necesario destacar las bases de datos que hemos recopilando (en el Anexo 5, ante la falta de espacio), que en su mayoría contienen datos procedentes de archivos naturales. Asimismo, se tendrán en cuenta otro tipo de fuentes provenientes de disciplinas afines a la historia, como por ejemplo la arqueología, la historia del arte o la demografía histórica, que complementan a las previamente mencionadas.

En el tercer bloque se expondrá el caso de estudio arriba mencionado. Nuestra intención es exponer el tratamiento de la información en un tema práctico, mostrando cómo se confrontan y complementan los datos para obtener conclusiones lo más veraces y coherentes posibles. Me centraré en el análisis de las variaciones climáticas producidas durante el primer tercio del siglo XIV en Europa noroccidental, especialmente Flandes y las Islas Británicas, dadas su abundante información y bibliografía relacionada. Estos años fueron extraordinariamente lluviosos y húmedos y produjeron la pérdida general y recurrente de las cosechas en el Noroeste de Europa. La historia climática denomina este periodo como la *Anomalía de Dante*⁶, más conocido por los historiadores como la «Gran Hambruna» de 1315-1322.

Finalmente, el TFG se cerrará con unas conclusiones, el apartado bibliográfico y los anexos.

4. Estado de la cuestión

El inicio de esta disciplina parte desde una metodología positivista, a finales del siglo XIX, hasta su remodelación en la década de 1970. Los primeros estudios paleoclimáticos o relativos a la historia climática proceden de historiadores que trataron el clima para explicar la decadencia de la explotación agraria. Para ello se sirvieron de técnicas para analizar registros naturales que evidenciaban cambios climáticos, como el avance de los glaciares, estudiado por investigadores como Elsworth Huntinton, Le Danois, Ignazio Olagüe o Gustav Utterström. No obstante, los verdaderos precursores de la climatología histórica y autores de su modernización y renovación fueron el francés Emmanuel Le Roy Ladurie y el inglés Hubert Lamb. Ladurie es un historiador interesado por la relación

⁵ En adelante, EMEs.

⁶ Del inglés *Dantean Anomaly*

entre el clima y la sociedad, que ya en 1967 realizó estudios fenológicos vinícolas y analizó el avance de los glaciares alpinos como prueba de la existencia de la PEH. Su obra más importante al respecto, *Historia Del Clima Desde El Año Mil* (1967), sigue siendo considerada una obra clásica y básica para el estudio de la paleoclimatología. Lamb, como climatólogo, se centró en el trabajo con los archivos naturales y organizó la *Conference on Climate and History* en 1979 en Norwich. Su obra de referencia es *Climate, history, and the modern world* (1982).

Otro autor importante es Pierre Alexandre, pese a no ser tan conocido ni tenido en consideración como uno de los ‘padres fundadores’ de la disciplina. Su labor investigadora dio como resultado un excelente compendio de más de 800 páginas de referencias climáticas titulado *Le climat en Europe au Moyen Âge. Contribution a l’histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d’après les sources narratives de l’Europe occidentale* (1987). Aunque hace referencia a Europa occidental, no incluye zonas como la Península Ibérica o las Islas Británicas, cubriendo en realidad el espacio comprendido entre la Toscana hasta Holanda y desde Aquitania hasta Moravia. En su trabajo, las fuentes documentales se analizan críticamente para establecer su verosimilitud. También presenta un cuadro con todas las referencias climáticas encontradas hasta la fecha en la documentación consultada: 3560 textos de 720 fuentes diferentes. Es, sin duda, un corpus documental extraordinario para el estudio climático medieval europeo.

Desde los años 90 el panorama europeo se ha nutrido de figuras tan importantes como Christian Pfister y Jan Esper en Suiza, Rudolf Brázdil en la República Checa, Rüdiger Glaser y Martin Bauch en Alemania, Oyvind Nordli en Noruega, Danuta Limanowka en Polonia, Francis Ludlow en Irlanda y Thomas Labbé en Francia. Todos ellos desarrollan sus investigaciones locales en diversos ámbitos y cronologías, pero realizando avances considerables usando *proxy data* provenientes tanto de fuentes documentales como de archivos naturales. Dentro de este último grupo, en los últimos años se ha intensificado los análisis dendrocronológicos y de testigos de hielo gracias a unas tecnologías cada vez más precisas y a la accesibilidad de las bases de datos internacionales colaborativas. Estos *proxys* se han revelado como una fuente de comparación fundamental para los documentos. Es necesario destacar, como descubrimiento histórico-climático más importante en la última década, la identificación del origen de la gran erupción volcánica de 1257. Ha sido muy importante ya que ha permitido resolver muchos interrogantes, procedentes tanto de las fuentes escritas como naturales, que indicaban anomalías climáticas a escala global en torno ese año. Volveremos a hablar de este tema más tarde.

En España, el precursor de la climatología histórica fue Manuel Rico a mediados del siglo XIX. Siguiendo una metodología neopositivista compiló información climática relativa a inundaciones y sequías en la Península Ibérica y la publicó en *Fenómenos*

meteorológicos en la península ibérica desde el siglo IV hasta el XIX (c. 1850). En la primera mitad del siglo XX, las ideologías autoritarias impulsaron las interpretaciones deterministas para sus fines políticos, afectando de manera determinante el prestigio de esta disciplina dentro de la comunidad científica. Un claro ejemplo fue el falangista José María Fontana, quien centró sus investigaciones en la producción cerealista y vinícola durante la PEH con el fin de relacionar de un modo determinista la monarquía de los Austrias y su política en Europa (Barriendos, 2006: 45-47).

La revitalización de esta disciplina en España se produjo a finales del siglo XX, aunque con menor intensidad que en el resto de Europa. Destacan Emili Giralt, Miquel Grimalt y Mariano Barriendos como abanderados de la región catalana cuyo estudio, durante muchos años, ha estado centrado en las rogativas. Barriendos es en la actualidad uno de los autores más importantes en el entorno español por su extensa producción científica realizada en colaboración con otros paleoclimatólogos como Antonio Barrera-Escoda y María del Carmen Llasat (2005), entre otros (Barrera, 2005; 2015. Barriendos, 1998; 2006; 2014). En los últimos años han aparecido nuevos trabajos y tesis que siguen su estela y se centran en el estudio de rogativas e inundaciones en el noreste peninsular durante la Edad Moderna. Otra figura importante es Armando Alberola con *Los cambios climáticos: la Pequeña Edad de Hielo en España* (2014). Sus aportaciones se centran también en la Edad Moderna, especialmente en el siglo XVIII, tratando principalmente el entorno valenciano y mexicano desde una perspectiva comparada.

Es importante destacar a otros investigadores que trabajan sobre este mismo espacio pero que se han centrado más en la Edad Media, a pesar de que el número de trabajos que atienden este periodo es sensiblemente menor. Algunos de estos expertos son Fernando Domínguez, quien realizó un análisis de las crónicas islámicas andalusíes y del Próximo Oriente (2014; 2012b) o Antonio Vicente Frey, con su estudio de la crisis del estado almohade desde una perspectiva climática (2016). Dentro de las investigaciones que utilizan datos provenientes de los archivos naturales, cabe nombrar los análisis del caudal del Tajo de Gerardo Benito (2003), los sedimentos lacustres de Ana Moreno (2012) o los estudios basados en la dendrocronología de Ernesto Tejedor (2015). Atendiendo a un contexto más local, como puede ser el estudio de Aragón, son imprescindibles las aportaciones de José María Cuadrat (2002), con base en el estudio de rogativas y de Javier Ibáñez (1997), quien analizó las alteraciones climáticas de Teruel y sus aldeas durante la Edad Media. Del mismo modo, son de notable interés las aportaciones desde la Universidad de Zaragoza, tanto por los historiadores como M^a Luz Rodrigo (1995), José Luis Corral (1993) y Lidia Allué⁷ sobre Daroca y su entorno aldeano,

⁷ Lidia Allué está realizando una tesis en arqueología medieval en la Universidad de Toulouse 2 Jean Jaurès, en cotutela internacional con la Universidad de Zaragoza, sobre el entorno de Daroca y sus aldeas donde analiza, entre otras cosas, el papel que el cambio climático jugó en el abandono de una veintena de aldeas a finales de la Edad Media.

como por los geógrafos como Luis Alberto Longares, José Luis Peña (ambos en Alcolea, 2016) sobre los aledaños del castillo de Juslibol o Miguel Ángel Saz para la mitad norte de España (2003).

Pese al aumento del interés y de la producción científica en torno a la historia climática, los historiadores más tradicionales siguen en muchos casos reticentes —muchos de ellos por mero desconocimiento o desinterés— a incluir el clima como uno de los factores que provocaron evidentes cambios socio-económicos. Ante esas reservas, cabe señalar que, como bien argumentaba Antonio Vicente Frey, la historia climática «no trata de descartar estos procesos en absoluto, ni imponer una visión determinista, sino complementar los hechos históricos con una perspectiva hasta ahora inédita» (Frey, 2016: 129).

II. DESARROLLO TEMÁTICO

Antes de pasar al cuerpo de este trabajo, es necesario explicar dos cuestiones básicas. La primera es la diferencia entre tiempo y clima. El tiempo es el estado de la atmósfera en un momento y lugar determinados, mientras que el clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región.

La segunda es la regulación del clima. La atmósfera y el océano conforman el sistema climático terrestre y cualquier variación en ellos —aumento de gases de efecto invernadero, cambios en la radiación solar que llega a la Tierra, etc.— pueden provocar cambios en las temperaturas y precipitaciones a escala planetaria. En Europa occidental, estos dependen de la Oscilación del Atlántico Norte⁸. Existen dos centros de presiones en constante lucha: uno en Groenlandia (donde se sitúan las borrascas) y otro en las Azores (centro de los anticiclones). Cuál se imponga determinará la llegada de lluvias y de frío, o la ausencia de los mismos. La NAO+ —cuando predomina el anticiclón— produce inviernos más húmedos y veranos suaves en el norte de Europa, mientras que en el sur los inviernos son más secos. Por el contrario, la NAO- se asocia a un desplazamiento hacia el sur de las trayectorias de las tormentas, lo que provoca más frío y precipitaciones en las latitudes meridionales (Moreno, 2012: 17). Volveremos sobre este tema más tarde para ver su relación con el Óptimo Climático Medieval⁹.

Existe un debate historiográfico sobre la diferencia entre la paleoclimatología y la historia climática. La división no es clara, de modo que a veces pueden ser entendidas como sinónimos. Ambas disciplinas tienen por objeto el clima del pasado, pero se diferencian por su abanico temporal y las fuentes que usan. José Creus, lo resume de la siguiente manera:

[El objetivo de la paleoclimatología es] reconstruir los climas anteriores a la disponibilidad de datos instrumentales y que en España se inician de forma más o menos continuada en la segunda mitad del XVIII. Todo el periodo anterior, referido a cientos de miles de años, lo estudia a partir de datos *proxy* que han dejado huella en procesos naturales dependientes del clima y de noticias escritas que, directa o indirectamente, aluden a fenómenos meteorológicos excepcionales [climatología histórica] (Creus, 2007: 250).

Podemos entender la historia climática como una hermana de la paleoclimatología que, ante la ausencia de datos instrumentales, prioriza el uso de *proxy data* por ser la única fuente homogénea y continuada para la reconstrucción climática. Sin embargo, el estudio de espacios de tiempo concretos sí que permite el uso de fuentes *proxy* documentales y naturales. Este procedimiento es lo habitual en periodos modernos o

⁸ En adelante, NAO por sus siglas en inglés (*North Atlantic Oscillation*).

⁹ En lo sucesivo, OCM.

contemporáneos, donde la abundante documentación permite una reconstrucción fidedigna del clima pasado.

Gran parte de las investigaciones dentro de la historia climática en la Edad Media se focalizan en el paso del OCM a la PEH y sus consecuencias. Ante la ausencia de registros homogéneos, muchos de los estudios se centran en EMEs. Estos suponen la agrupación de fenómenos meteorológicos extraordinarios durante un corto periodo de tiempo como muestra de la inestabilidad atmosférica predominante en un momento determinado.

La cronología del OCM sigue siendo objeto de debate, aunque hay cierto consenso en torno al periodo 800-1250 (Mann, 2009: 1258). En 2009, Valérie Trouet propuso que durante estos siglos predominó la NAO+. Las condiciones atmosféricas que la acompañan —veranos suaves y con lluvias distribuidas a lo largo de todo el invierno— fueron muy beneficiosas para la producción agrícola, lo que permitió que la población europea aumentase (Rohr, 2018: 254). A comienzos del siglo XIV empezó la transición entre el OCM y la PEH, periodo caracterizado por un aumento de la variabilidad climática y marcado por eventos como la Gran Hambruna de 1315-1322 o el *mal any primer* de 1333.

La PEH se caracteriza por unas temperaturas medias más bajas en relación al OCM y, sobre todo, por una gran inestabilidad climática¹⁰ (Mauelshagen, 2018: 421). No significa que no hubiese años de buenas cosechas y sin sobresaltos meteorológicos, pero estos fueron cada vez menos frecuentes. En Europa se data entre los años 1300 y 1850, si bien presenta diferencias notables tanto en su cronología como en sus manifestaciones según hablemos del norte o el sur del continente¹¹.

1. Archivos naturales

Existe una gran variedad de archivos naturales que pueden rastrearse en los procesos bióticos y abióticos, formando múltiples indicadores representativos y verosímiles del clima en el pasado (López, 2007: 180; Saz, 2003: 20). Esta división corresponde a su relación con elementos biológicos frente a procesos únicamente físicos.

Dentro de los primeros se incluyen el análisis de los restos, fosilizados o no, de mamíferos, insectos y corales; de sedimentos biogénicos¹²; de macrofósiles vegetales;

¹⁰ Un estudio reciente y multidisciplinar acerca de la inestabilidad climática del periodo que estamos estudiando puede verse en Campbell, 2016: 198-208.

¹¹ En el norte predominaron los años fríos y lluviosos, mientras que en sur fueron más frecuentes los de sequías interrumpidas por fuertes precipitaciones.

¹² Foraminíferos, moluscos y diatomeas.

de los anillos de crecimiento anual de los árboles¹³; y del polen, las esporas, las semillas y los frutos obtenidos de contextos geológicos o arqueológicos¹⁴. Los procesos físicos comprenden, entre otros: las erupciones volcánicas explosivas; la variabilidad solar¹⁵; los aerosoles; las variaciones orbitales de Milankovitch¹⁶; los testigos de hielo; las formas y depósitos glaciares y periglaciares; las reconstrucciones del nivel de lagos y paleolimnología; las observaciones de loess y de polvo eólico depositado en las superficies; las terrazas fluviales; la dinámica de laderas y fondos de valle; los suelos marinos; y los espeleotemas. Su recopilación se lleva a cabo mayoritariamente por grupos de trabajo interdisciplinarios relacionados con la climatología, biología o geología y, lamentablemente, muy rara vez encontramos historiadores en ellos. Una vez analizados y contrastados con las fuentes documentales, los datos obtenidos son empleados por los investigadores interesados en la historia del clima.

Los puntos abordados a continuación desarrollan aquellos archivos naturales más importantes para este trabajo. Los criterios empleados han sido la utilidad de los datos proporcionados para el periodo de la Baja Edad Media, su facilidad para obtenerlos y la bibliografía existente al respecto.

1.1. Dendrocronología

La dendrocronología podría definirse como la ciencia que estudia la relación entre el crecimiento radial de los árboles y las variables climáticas, en especial la temperatura y la precipitación (López, 2007: 196). No obstante, estos dos parámetros son variables y específicos de cada zona geográfica o climática, por lo que para interpretarlos correctamente es necesario realizar un «modelo matemático que explica el crecimiento radial de una población forestal en un año concreto en función del clima de los meses anteriores» (López, 2007: 196).

Es una de las disciplinas que mejores resultados ofrece en la reconstrucción de los climas pasados, fundamentalmente en el último milenio (López, 2007: 196). La mayor parte de los árboles de latitudes templadas crecen formando unas marcas llamadas «anillos de crecimiento», cuya peculiaridad es que sus pautas pueden ser identificadas

¹³ Es decir, el objeto de estudio de la dendrocronología, como explicaremos más adelante.

¹⁴ El estudio del polen y las esporas correspondería a la palinología, mientras que la carpología se ocuparía de las semillas y los frutos.

¹⁵ Más concretamente, el aumento o disminución de las manchas solares, cuyo descenso se relaciona con periodos más fríos y alteraciones en el patrón de lluvias a escala planetaria. Para el caso concreto de la Edad Media, destacan el Mínimo Solar de Wolf (ca. 1280-1350) y el de Spörer (ca. 1420 a 1570).

¹⁶ Según el matemático Milutin Milankovitch (1879-1958) hay tres parámetros básicos que influyen en los movimientos de traslación y rotación de la Tierra: la excentricidad de la órbita, la oblicuidad y la precesión. Estos factores cambian de manera cíclica — de ahí que a las variaciones orbitales también se les conozca como «ciclos de Milankovitch» — provocando cambios en la cantidad de luz — y, por tanto, calor — que llega al planeta, que a su vez son los responsables de que se produzcan alteraciones climáticas.

en los árboles de una zona y datadas en el tiempo (Creus, 2007: 255), pudiendo relacionarse distintas muestras y formar largas cadenas de información pluriseculares¹⁷. El resultado de este proceso aporta «temperatura en grados Celsius y de la precipitación en milímetros, unos datos que son continuos en el tiempo, de una correcta datación absoluta y con una resolución generalmente estacional» (López, 2007: 196).



Figura 1. Muestra de roble de Deer Park, Antrim, Irlanda del Norte, con anillos que abarcan la anomalía climática de 536-550 d. C. El año de gran crecimiento de 532 está marcado, mientras que poco después (especialmente de 536 a 538) los anillos son extremadamente estrechos.

En los últimos años han aumentado los trabajos en esta área del conocimiento, con cronologías muy diversas y centrados principalmente en diferentes ciclos climáticos anómalos. Uno de los más antiguos se sirve de robles europeos continentales para determinar el periodo de 536-50 como la anomalía climática fría más importante de los últimos milenios (Newfield, 2018: 452). A pesar de trabajar con especies del continente, este estudio es de gran importancia para los investigadores irlandeses y británicos ya que cuentan con multitud de muestras de zonas próximas a las Islas Británicas. Además de los bosques centroeuropeos o alpinos, la Laponia finesa también es un lugar privilegiado por el escaso intrusismo humano. El estudio del pino rojo o albar (*Pinus sylvestris*), tanto moderno como fósil, ha dado muestras de la erupción volcánica del Huaynaputina (Perú) en 1600. Las investigaciones muestran que dicha erupción provocó en el hemisferio norte un descenso de 1.3°C sobre el año más frío de los calibrados en esta zona entre el año 800 y el 2000 (Helama, 2009: 1099-1102).

¹⁷ Un claro ejemplo es el ofrecido por Miguel Ángel Saz (Saz, 2003), quien recopila datos que abarcan desde el siglo XV hasta la actualidad.

El espacio mediterráneo presenta unas características que lo distinguen de otras regiones centroeuropeas y que hay que tener en cuenta a la hora de hacer reconstrucciones dendrocronológicas. En primer lugar, hay un menor número de muestras de árboles disponibles. Además, los anillos crecen de manera distinta, ya que en los meses estivales apenas hay precipitaciones, al contrario de lo que ocurre en los meses invernales, como febrero y marzo (Seim, 2012: 223-226). Las reconstrucciones climáticas de carácter general en España—como la realizada por Manrique en el año 2000— muestran la presencia extraordinaria de valores fuera de rango entre 1400 y 1600, que correlacionan con la gran inestabilidad climática de la PEH de la que hemos hablado con anterioridad. Los picos de esta variabilidad se encuentran en los años 1127, 1404, 1464 y, principalmente, 1489 (Anexo 4, gráfico 5) (Manrique, 2000: 132). Otras investigaciones más regionales, que cuentan con la colaboración de Ernesto Tejedor (por ejemplo, Esper, 2020), han reconstruido la temperatura en la Sierra de Cazorla (Anexo 4, gráfico 6) o en los Pirineos centrales (Büntgen, 2017; Dorado, 2012). Ambos estudios, que abarcan desde la Plena Edad Media hasta el presente, señalan que las mayores alteraciones en la temperatura se produjeron en 1258, 1453 y 1601, como consecuencia de intensas erupciones explosivas.

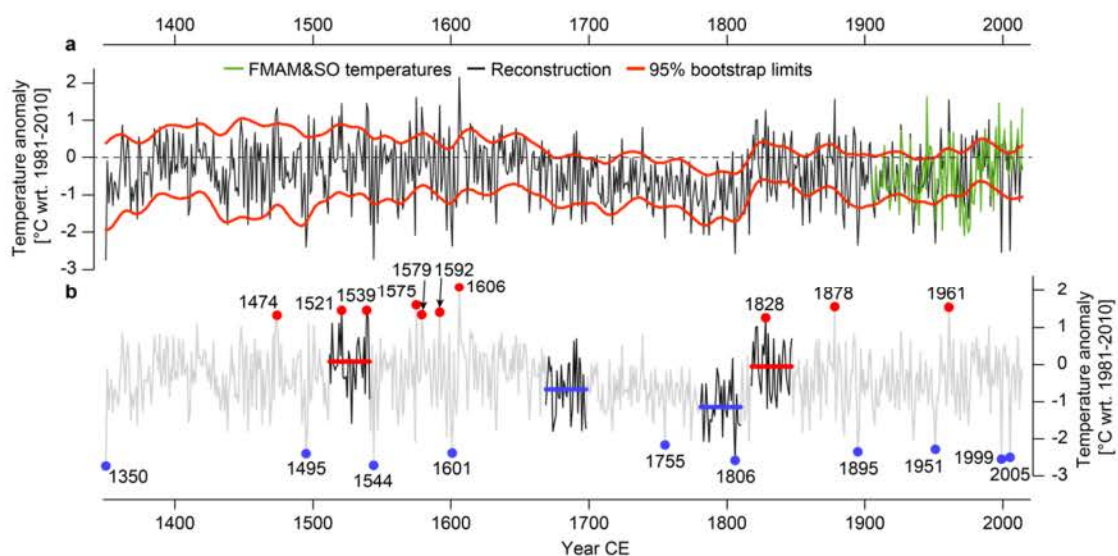


Figura 2. Arriba, reconstrucción de las temperaturas extremas de la Sierra de Cazorla desde 1350 mediante el Coeficiente de Eficiencia. Abajo, representación de los 10 años más fríos (en azul) y cálidos (en rojo), así como de los períodos de 30 años más fríos (línea horizontal azul) y más cálidos (línea horizontal roja) antes y después de 1700 d. C. (Esper, 2020: 11).

1.2. Fenología

El método fenológico se basa en el estudio y el conocimiento de las fechas y condiciones de floración y fructificación de los vegetales. El momento de la cosecha depende esencialmente de las temperaturas que rodean a la planta entre la formación del retoño y el término de maduración (Le Roy, 1991: 71). Por ello, podemos utilizar las

datos registradas sobre la floración o las cosechas como indicadores climatológicos. Existen pocas relacionadas con los cultivos, siendo el registro más útil, por su periodicidad, las fechas de la vendimia¹⁸, las cuales proporcionan las series más antiguas para la reconstrucción estimada de las temperaturas de primavera y verano¹⁹ en Europa.

Le Roy Ladurie comenzó a estudiar este tema en 1967, señalando además las limitaciones de estos datos. La primera es la ausencia de un criterio fijo para explicar apropiadamente la divergencia en las GHDs, pese a estar refiriéndose a una misma zona. Además, existe una variable que no puede medirse ni estudiarse de manera sistemática: la voluntad de los viticultores que buscan vendimiar más tarde, cuando la fruta es más madura y dulce, y el mosto obtenido de ella genera una mayor graduación alcohólica, imprescindible en el proceso de elaboración del vino (Le Roy, 1991: 90).

Existen asimismo registros, anotaciones o comentarios que señalan la calidad del vino obtenido. Esta información también puede ser empleada para conocer el proceso de maduración del fruto, ya que para obtener un buen caldo es necesario un clima específico: calor y sequedad en los meses de verano y una cantidad no muy grande de humedad. Las lluvias de junio a septiembre provocan tanto una peor calidad de la uva como una vendimia más tardía (Le Roy, 1991: 110), además de favorecer la aparición de hongos que pueden arruinar la cepa.

Uno de los lugares que mejor puede ser estudiado mediante estas fuentes es la región francesa de Beaune (Borgoña) por tener un registro fenológico más completo y prolongado en el tiempo: 664 años casi ininterrumpidos (1354-2018). Las primeras investigaciones comenzaron en el siglo XIX de la mano de Etienne Noirod, un terrateniente de Dijon que se interesó en la variación de GHDs para intentar demostrar que el clima no había cambiado en los últimos 500 años. Pocas décadas después, el climatólogo Alfred Angot compiló las fechas no solo de Borgoña sino de toda Francia y partes de Suiza y Alemania, suponiendo un hito y punto de partida para otras investigaciones más recientes, como la de Le Roy Ladurie (Labbé, 2019b: 1486). En la actualidad Thomas Labbé es uno de los autores que está llevando a cabo recientes publicaciones al respecto relacionando la historia climática, la historia de los alimentos —especialmente el vino— y la cultura (2019a; 2019b).

Pese a la gran utilidad de esta serie de datos, presenta varios problemas a tener en cuenta. El primero son los numerosos errores debidos a las malas copias, además de una falta de homogeneidad territorial a la hora de establecer un día fijo desde el cual contar

¹⁸ En adelante, GHDs, del inglés *Grape Harvest Dates*.

¹⁹ Otros registros fenológicos son, por ejemplo, la fecha de floración de los cerezos del palacio imperial de Tôkyô (Hoffmann, 2014: 315) y las fechas de la apertura de pastos anotadas en los libros de actas de la Casa de Ganaderos de Zaragoza.

la fecha de la vendimia. Asimismo, dada su amplia cronología, abundan los años sin datos y otros en los que estos deben ser entendidos como resultado del contexto político, como es el caso de las dataciones durante la Guerra de los Treinta Años, que muestran alteraciones muy significativas (Labbé, 2019b: 1487).

La información proveniente de GHDs coincide con otros *proxy data*, lo que prueba su fiabilidad. Por ejemplo, concuerdan con datos los obtenidos de los testigos de hielo provenientes del glaciar Gorner, con otras GHDs de lugares como Norfolk, Metz o regiones al norte de Praga o con los registros dendrocronológicos cercanos a Beaune (Labbé, 2019b: 1493).

1.3. Palinología y carpología

La palinología es una disciplina de la botánica que estudia el polen y las esporas del presente y del pasado que se encuentran en estratos arqueológicos o geológicos. Asimismo, la carpología se ocupa del estudio de las semillas y los frutos de las plantas. Este tipo de investigaciones se han hecho mucho más frecuentes en los últimos años, llegando a incluirse en proyectos de excavaciones arqueológicas, dada la valiosa información que pueden aportar sobre los paisajes y sociedades del pasado²⁰. Una vez extraídas las muestras de tierra, se buscan con el microscopio los distintos componentes de las plantas y se procede a identificarlos y contabilizarlos, realizando gráficas que muestran las especies vegetales presentes en el entorno. Esta técnica ha sido mayoritariamente usada en la prehistoria, pero también es de gran utilidad para la Edad Media. Los estudios de Guillermo García-Contreras son una buena muestra de ello (2018).

Un trabajo que ilustra muy bien el potencial de estas disciplinas para conocer los cambios climáticos es el de Guy Jalut sobre Pla de Salinas, entre la alta Cerdaña y el Ripollés. En su investigación encuentra un descenso de la masa arbórea después del año 800 y la aparición de viñas, nogales y algunos cereales (Bolos, 1982: 636). Todo esto indica un cambio determinante en el paisaje por la mano del hombre, pero también presenta, de manera indirecta, las alteraciones climáticas derivadas del OCM. El espacio de estudio se encuentra en una altitud superior a los 2000 metros, muy elevado para el cultivo de la viña, la cual necesita de altas temperaturas para su producción. Que aparezcan en este entorno estaría probando que el clima de ese momento sería mucho más cálido que el de siglos posteriores, algo que concuerda con el hecho de que, en estos mismos siglos, se estaba produciendo vino en lugares como Inglaterra, el sur de

²⁰ Por ejemplo, qué especies se cultivaban o estaban de manera natural en el entorno del yacimiento, así como la aparición o desaparición de algunas plantas que pueden indicar cambios socioeconómicos o, incluso, climáticos.

Escocia o Noruega (Bolos, 1982: 636). Con la llegada de la PEH este tipo de cultivos se volvió inviable.

1.4. Testigos de hielo

Los estudios de los testigos de hielo o *ice cores* son una herramienta muy útil, entre otras cosas, para el estudio del paleoclima y de las grandes erupciones volcánicas y sus consecuencias en el medio ambiente. Los testigos de hielo están formados por la nieve acumulada que, capa tras capa, se ha ido comprimiendo y convirtiendo en hielo²¹. Estos estratos contienen algunos elementos y restos de los aerosoles presentes en la atmósfera del pasado que fueron atrapados en pequeñas burbujas de aire al formarse el hielo. Dichos gases nos aportan una información muy valiosa para conocer el clima a lo largo de la historia. Por ejemplo, las variaciones en la proporción de los isótopos de oxígeno ^{16}O y ^{18}O nos aportan datos sobre las temperaturas de otras épocas. El ^{16}O supone prácticamente un 99% del oxígeno presente en el aire, mientras que el ^{18}O es marginal. Sin embargo, las variaciones de este último estarían indicando cambios en la temperatura: a mayor presencia de ^{18}O el clima pasado habrá sido más frío mientras que, si disminuye, se debe a que las temperaturas han sido más altas. Otro gas relacionado con la temperatura y que se puede analizar a partir de los testigos de hielo es el CO_2 : una menor concentración de CO_2 se corresponde con un clima más frío, mientras que unos altos índices de ese gas estarían indicando un calentamiento global del planeta²².

²¹ Esto, de por sí, ya nos está dando información acerca de la cantidad de lluvia —aunque sea en forma de nieve— caída en el pasado: a mayor grosor, mayores precipitaciones.

²² Se calcula que en la actualidad la concentración de CO_2 en la atmósfera es de 380 partes por millón, un 28% más de la estimada para la época pre-industrial. Para más información sobre la utilización del CO_2 para conocer climas presentes, pasados y futuros, consultar (https://www.researchgate.net/publication/340121184_Forty_years_of_ice-core_records_of_CO2).



Figura 3. Proceso de obtención de testigos de hielo en Groenlandia (<http://aspectos-medioambiente.blogspot.com/2016/07/los-testigos-de-hielo-de-groenlandia-la.html>) [Acceso: 21/06/2021]

Las repercusiones de las erupciones volcánicas del pasado también pueden conocerse gracias a la concentración de sulfatos en el hielo. La mayoría de las zonas con fuerte actividad volcánica se encuentra en el ecuador, por lo que en caso de haber una erupción explosiva suficientemente potente, sus emisiones gaseosas pueden ser fácilmente distribuidas por toda la Tierra gracias a la circulación atmosférica y quedar vestigios de las mismas en el hielo de ambos polos (Oppenheimer, 2003: 418). Estos contaminantes pueden permanecer circulando por la estratosfera varias decenas de años —en función de la magnitud de la erupción— ocasionando graves trastornos en el clima terrestre.

El estudio de estos *proxy data* ha revelado la presencia de diversas erupciones con consecuencias a escala planetaria, siendo algunas de ellas todavía desconocidas. Desde la década de los 70 del siglo XX, los registros químico-glaciales de los testigos extraídos tanto en Groenlandia como la Antártida mostraban grandes deposiciones de sulfatos y piroclastos a mediados del siglo XIII, lo que no dejaban lugar a dudas de que hubo una extraordinaria erupción volcánica durante la cual se expulsó una gran cantidad de material²³ (Lavigne, 2013: 16742). Gracias a un grupo de especialistas de distintos

²³ La erupción de este volcán fue diez veces más potente que la del Vesubio y sus emisiones doblan a las del volcán Tambora en 1815, cuya erupción dio lugar al conocido como «Año sin verano» (Lavigne, 2013: 16743-16745).

ámbitos liderados por Franck Lavigne, se pudo averiguar que el volcán que entró en erupción en 1257 fue el Samalas²⁴, situado en Indonesia²⁵.

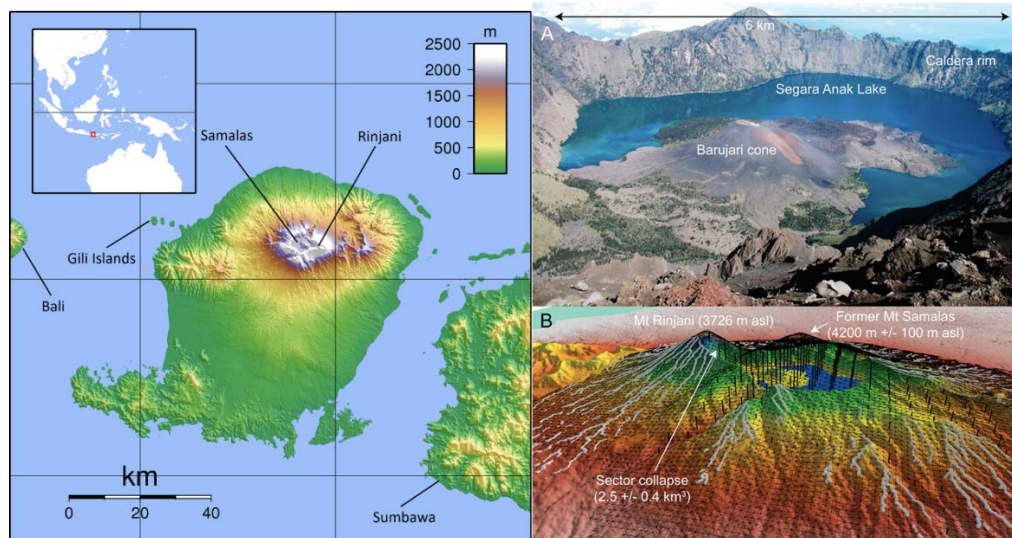


Figura 4. Izquierda: Localización geográfica del Samalas (fuente: <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/738952>) [consultado el 21/06/2021]. Derecha: caldera actual (A) y reconstrucción topográfica antes de la explosión (B) (Lavigne, 2013: 16743)

Este descubrimiento tuvo una importante repercusión en la comunidad académica y científica, ya que permitió explicar numerosas menciones a anomalías climáticas en las fuentes escritas medievales de distintos puntos del planeta. Son abundantes las que registran un verano frío en 1258, con lluvias y riadas que provocaron malas cosechas o la pérdida de las mismas (Anexo 2, texto 1). Otras señalan que el sol brillaba de una forma anormal, como la registrada en Speyer, Alemania: «*eodem eciam anno maxima fuit corruptio vini et frumenti et aliarum frugum et appellatus est annus idem a vulgo munkeliar*»; aquí, la palabra *munkeliar* puede ser traducida del alemán como «año oscuro» (Guillet *et al.*, 2017: 15). En la propia Indonesia, los registros documentales que hacen referencia a este suceso se conservan en el *Babad Lombok* (Anexo 2, texto 2). En él se narra la desaparición de Pamatan, la capital del reino, como consecuencia de la erupción del volcán Rinjani y el derrumbe del «monte Samalas» y la muerte de muchas personas durante los sucesivos tsunamis que tuvieron lugar a continuación (Lavigne, 2013: 16743).

²⁴ Martin Bauch ha propuesto recientemente que la erupción del Samalas tuviera lugar en 1256, ya que algunas evidencias escritas acerca de anomalías climáticas procedentes de distintas partes del planeta son anteriores a 1257 (Bauch, 2020).

²⁵ Un interesante documental sobre el proceso de descubrimiento de este volcán perdido se emitió en 2017 en la cadena franco-alemana Arte, con el título *Le mystérieux volcan du Moyen Âge* (realizado por Pascal Guerin).

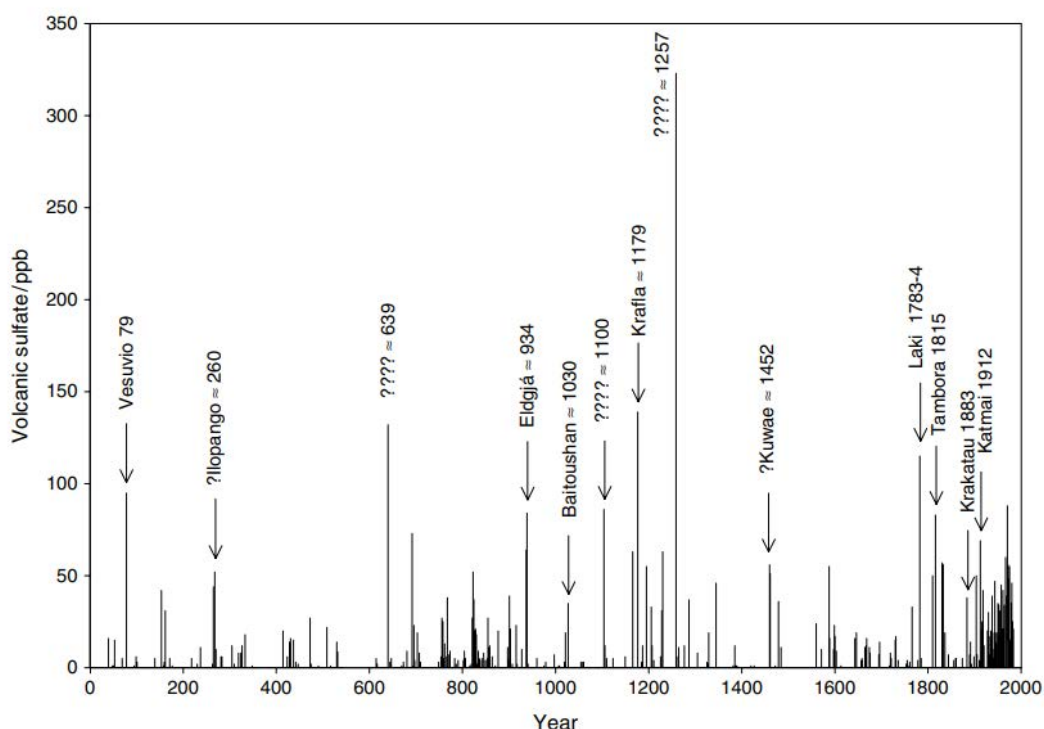


Figura 5. Registro de sulfatos volcánicos del testigo de hielo GISP2 (Oppenheimer, 2003: 418).

Como se muestra en la figura 5, el análisis de los testigos de hielo ha revelado algunas de las mayores erupciones de los últimos siglos, muchas de ellas no registradas en las fuentes documentales (Oppenheimer, 2003: 424). Una investigación apunta a una erupción importante en 1453, puede que del volcán Kuwae, según los datos obtenidos del estudio de 33 testigos de hielo extraídos en ambos polos. En ellos se aprecian valores extraordinariamente altos de sulfatos que llegan a doblar los registros de la erupción de Tambora de 1815 (Gao, 2006: 9).

En resumen, la importancia de estos *proxy data* es que permiten, por un lado, relacionar las erupciones explosivas ocurridas a mediados del siglo XIII con las manifestaciones más tempranas de la PEH en Occidente y, por otro, las erupciones posteriores como agravantes de una situación climática cada vez más alterada²⁶. No obstante, el análisis de la concentración de sulfatos no deja de tener limitaciones. Por ejemplo, la posibilidad de que esta variable no se deba a una gran erupción con repercusiones a escala global, sino a una de menor potencia, pero con una alta concentración de sulfatos debido a la obstrucción de la caldera con sílices y la posterior acumulación hasta su erupción (Oppenheimer, 2003: 420). Por ello hay que intentar contrastarla, en la medida de lo posible, con otros datos.

²⁶ Además de estas erupciones, desde ca. 1280 a 1350 ocurrió el Mínimo Solar de Wolf, el cual contribuyó a desestabilizar todavía más el clima terrestre. Ya en el siglo XV, coincidente con la erupción del Kuwae, comenzó el Mínimo Solar de Spörer (ca. 1420 a 1570). Es decir, los responsables de las alteraciones climáticas no fueron sólo las erupciones volcánicas explosivas, sino que hubo otros factores implicados.

1.5. Sedimentos lacustres

Los sedimentos obtenidos de medios acuáticos pueden ser de gran utilidad para la reconstrucción climática de los últimos milenios, especialmente en lo referente a las precipitaciones y el ciclo hidrológico. Aunque la mayoría de muestras proceden de lagos, también se obtienen de litorales marinos y rías. Al igual que las muestras dendrocronológicas, los lugares más apropiados son aquellos con escasa intervención humana, como los situados a elevada altitud o latitud. De los distintos estratos se extraen restos de polen y fauna que serán posteriormente analizados (Moreno, 2012: 21).

El proceso de sedimentación se produce por la acción de agentes erosivos como el agua, el hielo o el viento que causan la meteorización de materiales. Cuando estos son transportados, se depositan en lugares como cuencas sedimentarias, ayudados por los cursos de agua. A mayor intensidad de estos procesos, más gruesa será la capa sedimentaria y más abundante su contenido. La acumulación en estratos permite su datación respecto al grosor o tipo de materiales y su durabilidad e intensidad en el tiempo.

En España destacan las investigaciones de Chao de Veiga y las Rías gallegas y el lago Arreo en la vertiente norte, la Balsa de la Mora en los Pirineos aragoneses, los lagos Montcortès y Estanya en Lérida y el de Taravilla cercano al Tajo en su paso por Guadalajara. Las conclusiones generales que aportan sus reconstrucciones para el OCM en la Península Ibérica son, por un lado, la existencia de condiciones relativamente áridas, representadas por niveles de agua menores y mayores concentraciones químicas y, por otra, una vegetación adaptada a estas duras condiciones ambientales. Para los registros marinos se ha detectado durante una disminución del aporte fluvial y un aumento de las partículas de polvo sahariano que durante la PEH lo cual implica un clima más cálido (Moreno, 2012: 29). La evolución climática hacia la PEH ya es notable desde sus inicios, ya que el periodo 1360-1550 coincide con el avance glacial y condiciones más húmedas ejemplificadas, entre otros, en los niveles elevados del Lago La Cruz y la Salada de Chipriana (Castro, 2020: 1471).

2. Fuentes documentales

Las fuentes documentales son el elemento básico de investigación y análisis para la ciencia histórica y, consecuentemente, también para la historia climática. Según Le Roy Ladurie, su fiabilidad está determinada por cuatro condiciones. La primera es que la serie de documentos tiene que ser anual y su información debe estar organizada temporalmente y datada. También ha de ser continua —sin lagunas en los registros documentales— y homogénea. Por último, debe ser cuantificable, es decir, que su

información pueda ser procesada estadísticamente (Barriendos, 1998: 474). Atendiendo al periodo que concierne este trabajo, las fuentes que aluden a la climatología durante la Edad Media son discontinuas y dispersas, además de ser casi siempre poco precisas y fiables respecto a sus mediciones. Además, hay que tener en cuenta un filtro de subjetividad presente en todas ellas. Quienes registraron los eventos climáticos lo hicieron porque consideraron su fuerza, el momento de su aparición o sus consecuencias fueron extraordinarios.

Pese a sus inconvenientes, esta información es imprescindible y de gran utilidad para llegar a conocer, aunque sea de manera general, cómo evolucionó el clima desde el final del OCM hasta la PEH (Rama, 2010: 1) y, sobre todo, qué consecuencias tuvo en las sociedades de esa época. Los procesos de búsqueda y análisis de estas fuentes documentales suponen, en la mayoría de los casos, el primer paso dentro de la historia climática para investigar un determinado suceso. Dado que la información proporcionada suele ser variable, y en muchos casos insuficiente, suelen estar acompañadas bien de varias tipologías documentales como crónicas, actas o registros o bien de registros naturales. Una vez que son analizadas y estudiadas, atendiendo a la utilidad de la información que contienen, pueden servir de punto de partida para diversos estudios dendrocronológicos, demográficos, económicos... específicos para un periodo o espacio concretos.

Además de las fuentes documentales que analizaremos a continuación —atendiendo a su idoneidad para el estudio de la Baja Edad Media europea—, es necesario comentar muy brevemente las siguientes, ya que pueden ser analizadas para conocer el clima durante la Edad Moderna y Contemporánea. En primer lugar, resultan de interés los cuadernos de bitácora; se trata de «registros que elaboran los navegantes durante sus rutas, en los que registran las condiciones meteorológicas de las mismas y los incidentes ocurridos» (Domínguez, 2016: 14). Son fuentes institucionales muy abundantes que en el marco hispano se hicieron obligatorias mediante una Real Orden de Felipe II en 1575 (Domínguez, 2016: 18). Presentan un vocabulario estipulado y registros meteorológicos diarios, constituyendo un corpus documental muy significativo no solo en España, sino también en otros países como Reino Unido, Francia y Países Bajos.

Los diarios y cartas personales también son una fuente de información relevante. Los diarios son escasos y se reducen al ámbito religioso, como el del sacerdote William Merle en Driby (Lincolnshire, Inglaterra) durante el siglo XIV, el de la Orden de Canónigos Premonstratenses en el monasterio checo de Hradisko o el misionero alemán Heinrich Brincker, ambos datados en el siglo XIX. En ellos se anotan de forma más o menos regular observaciones sobre el tiempo (Brázdil, 2018: 1918). Las cartas pueden incluir información directa sobre sequías o sus consecuencias económicas, institucionales y sociales provocados por ellas.

Si dejamos de lado las fuentes documentales, también encontraremos otros elementos más populares que aluden a determinados fenómenos meteorológicos ocurridos desde el medievo, como las leyendas o las canciones, como por ejemplo la letra checa de *La llave de la lluvia o una nueva canción para un tiempo de sequía* (Anexo 2, texto 5). Asimismo, se conservan cronogramas o inscripciones epigráficas en edificios públicos como puentes, que indican tanto crecidas del río como momentos en los que los cauces estaban temporalmente secos (Brázdil, 2018: 1920-1922).

2.1. Crónicas y anales islámicos

Si la escasez de documentación que menciona eventos climáticos constituye de por sí un gran inconveniente para los investigadores, para el caso concreto de la Alta Edad Media esta problemática se intensifica. Aunque escasas, las crónicas musulmanas son unas de las fuentes imprescindibles que han servido de base para el estudio del ámbito mediterráneo.

Para el espacio andalusí solamente se han conservado 11 crónicas, las cuales han sido objeto de reciente estudio (Anexo 3, tabla 2). La principal dificultad de este tipo de fuente es la necesidad de que los arabistas las traduzcan, razón por la cual aún quedan mucha documentación sin estudiar. Asimismo, con frecuencia no son fuentes primarias, sino copias posteriores. Atendiendo al análisis crítico de las crónicas para evaluar su utilidad, hay que tener en cuenta tanto la cantidad de los documentos consultados por el autor como la diferencia temporal entre el momento de redacción de la crónica y la fecha de los hechos narrados.

Por otra parte, las crónicas islámicas tienden a describir casi en exclusividad acontecimientos políticos y sociales. La información climática es consecuentemente muy escasa y anecdótica, siendo únicamente nombrada cuando afectó gravemente a la sociedad. La falta de interés de los autores en los eventos climáticos puede inducirnos a pensar que sus observaciones sean bastante certeras y que no tienden a sobreestimar sus efectos para pedir compensaciones económicas, como parece que se da en el caso de otra fuente, las actas capitulares²⁷ (Domínguez, 2016: 23). Otro inconveniente a señalar es su falta de continuidad temporal, por lo que su estudio no permite un análisis continuado del clima, sino más bien de la agrupación de EMEs, como muestra de anomalías climáticas más o menos puntuales dentro de periodos cronológicos más amplios.

²⁷ En el caso de la Comunidad de aldeas de Daroca, el *sesmero* tenía que verificar los daños y pedir la ayuda a la Comunidad, cuyos cargos principales, conjuntamente con el baile, decidían la cantidad a entregar. En este caso hay cierto control sobre la veracidad de los hechos. Agradezco a Lidia Allué la aportación de esta puntualización.

Para el estudio de al-Ándalus, los EMEs más significativos por sus consecuencias en la sociedad fueron las fuertes sequías ocurridas entre los años 748-754, 812-823 y 867-879. También es reseñable la concentración de anotaciones de nieves, granizo y fuertes vientos entre 971-975 en los *Anales Palatinos* (Anexo 3, tabla 3) (Domínguez, 2014: 373). Más allá de la Península ibérica, los cronistas de Bagdad también registraron algunos acontecimientos extraordinarios en sus textos. La mayoría hacen referencias a una climatología adversa, como las sequías, o a situaciones más inespecíficas, como frío y viento (Anexo 4, gráfico 1). Una vez catalogados estos EMEs, se ha podido establecer que en el periodo 902-944 hubo un aumento significativo de los acontecimientos de carácter frío. Entre ellos, podemos señalar la congelación del Tigris o las bajas temperaturas del verano de 920, relacionadas ambas con la hipótesis de una erupción volcánica (Domínguez, 2012b: 81).

Dentro del periodo amirí del al-Ándalus, son destacables las noticias a EMEs que revelan un ciclo climático adverso (955-1010) en el que la administración del Almanzor y sus herederos tuvieron que hacer frente a malas cosechas y hambrunas. A modo de ejemplo, en el *Dikr bilād al-Andalus*, anónimo y en el *A'māl al-a'lām* escrito por Ibn al-Haṭīb Lisān al-Dīn, se registraron epidemias y grandes lluvias en 995, hambrunas en 1000-1001 que afectaron también al Magreb, plagas de langostas en 1004, vendavales o tornados que destrozaron casas e hicieron desbordar el río en 1004 y 1007 y sequías en 1010 (Chalmeta, 2019: 99).

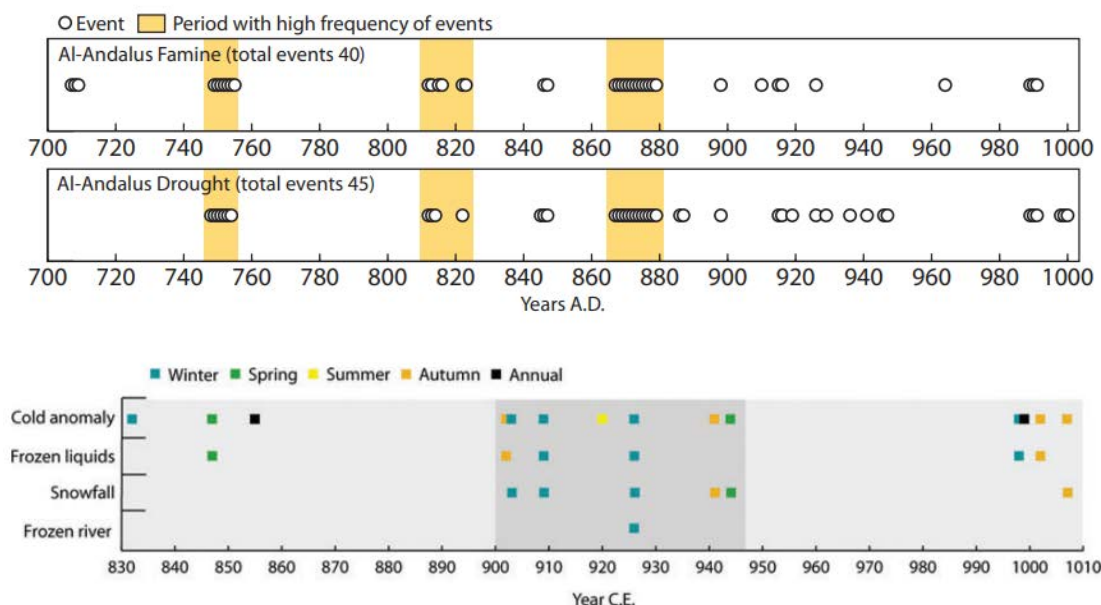


Figura 6. Arriba: distribución temporal de hambrunas y sequías en al-Ándalus (Domínguez, 2014: 373). Abajo: distribución temporal de hambrunas y sequías en Bagdad (Domínguez, 2012b: 80).

En el siglo XIII, las crónicas musulmanas —*Kitāb al-Rawḍ al-Mi'tār* de al-Ḥimyarī, *Kitāb al-Bayān al-Mugrib* de Ibn 'Idārī, *Rawḍ al-Qirṭās* de Ibn Abī Zar' y extractos del *Kitāb Zawāhir al-Fikar* de al-Murābiṭ— alertan de eventos climáticos inusuales. Las crónicas cristianas —como los *Anales Toledanos* y la *Primera Crónica General*— confirman estas alteraciones climáticas dentro de un contexto político-social complejo debido a la desintegración del califato almohade, el avance de los reinos cristianos y diversas revueltas sociales por malas cosechas (Anexo 3, tabla 4) (Frey, 2016: 135). Los ciclos en los que las oscilaciones climáticas afectaron más a la sociopolítica almohade fueron 1213-1221, 1224-1228, 1232-1235, 1237-1239 y 1256-1263 (Frey, 2016: 150). Si consideramos estos periodos dentro de un gran marco cronológico correspondiente a 1207-1268, se contabilizan según estas fuentes 20 referencias a hambrunas, 13 a epidemias, 11 a sequías, 6 a heladas, 5 a fuertes precipitaciones y 1 a inundaciones (Frey, 2016: 135). Pese a ser periodos de gran inestabilidad político-social, estas menciones llevan a los expertos a pensar en la meteorología como un factor importante que pudo precipitar tales perturbaciones como consecuencia de los trastornos sociales ocasionados (carestías, hambrunas²⁸, pobreza creciente de buena parte de la población...).

Desde inicios del siglo XIII, y gracias a las referencias de las crónicas, se observan los efectos negativos de la inestabilidad climática sobre el campo y las personas. Esto significó unas temperaturas anormalmente reducidas en los meses fríos y unas precipitaciones escasas o casi inexistentes en los meses cálidos, destruyendo de este modo las cosechas y provocando carestías y, si la situación se prolongaba en el tiempo, hambrunas. El ejemplo más representativo anotado en las crónicas ocurrió en el bienio de 1213-1214. La producción agrícola deficitaria pudo ser clave en la reducción del umbral inmunológico, que favoreció a su vez la expansión de enfermedades infecciosas²⁹. Esto, sumado a otros procesos como los altos precios, las acciones bélicas de avance cristiano o las insurrecciones musulmanas (Frey, 2016: 135-138), tuvieron nefastas consecuencias. En años posteriores, las oscilaciones extremas con sequías y excesos de lluvias o heladas provocaron alusiones como la de Ibn Abī Zar en *Rawḍ al-Qirṭās* «El hambre es general en todas partes y la pobreza no conoce unos límites como éstos. Ni cebada ni trigo. En cuanto al pan amasado, eso no tiene nombre» (Frey, 2016: 139). La situación persistió en las décadas siguientes y podemos encontrar menciones similares por toda Europa para la misma época. Destacan por su abundancia los registros directos y los indirectos a problemas relacionados con el clima en torno a 1257, fecha

²⁸ Hambruna señalaría una ruptura en el abastecimiento de alimentos a causa de factores externos — como guerras, bloqueos de las rutas comerciales...— y estaría relacionada con episodios de mortalidad masiva. La carestía, en cambio, sería una subida más o menos puntual del valor de un bien, por lo que no provocaría hambrunas, aunque sí, sin duda, el hambre de muchas familias (Benito, 2009).

²⁹ Es imprescindible mencionar aquí, aunque sea de manera muy breve, la relación entre cambio climático y expansión de enfermedades infecciosas. Algunos investigadores, como Campbell (2016) o Harper (2017) han señalado esta conexión, el primero durante la Edad Media y el segundo durante el Imperio Romano.

que, como hemos mencionado, recientemente se ha relacionado con la erupción del volcán Samalas en Indonesia.

2.2. Crónicas y anales cristianos

Los *Anales Toledanos* y la *Primera Crónica General* abarcan desde el siglo XIII al XIV y son mencionados en el punto anterior como fuente para contrastar los eventos climáticos en la Península Ibérica observados por los cristianos y los musulmanes. Sus referencias a penurias económicas y alimenticias son escasas, pero ilustrativas (Anexo 2, texto 3). No obstante, muchas de ellas se incluyen dentro del contexto bélico ibérico ya que se hacen «repetidas menciones a acciones militares tales como saqueos y destrucción de cosechas, que debieron tener un importante papel en aquellas carestías» (Frey, 2016: 149).

En siglos posteriores, la ausencia de crónicas dificulta bastante el estudio climático. Abunda la información de cortes y de procuradores, pero su parcialidad, dispersión y escasa cobertura geográfica, unida al necesario análisis histórico crítico, suponen un arduo trabajo para su compilación y análisis. La única crónica que no responde a estas características son los *Anales de Garci Sánchez*. Este cronista recoge que el 29 de marzo de 1462 hubo *alborotos de hambre* en la ciudad de Sevilla producidos por las consecuencias de las riadas que hubo en enero de ese año y que elevaron el precio de la fanega de trigo a 120 maravedís (Mackay, 1981: 368). De un modo más marginal, las referencias a eventos climáticos o sucesos relacionados aparecen en otras fuentes como la *Crónica de Juan II de Castilla* de Álvaro García de Santa María. En este espacio se hace referencia a la hambruna y a la plaga que hubo en Castilla en 1412-1413, las cuales son achacadas por el autor a los pecados de la población. Álvaro García protesta contra la pérdida del orden social jerarquizado y la creciente movilidad social y defiende que «Dios en su justicia ha enviado contra España esas plagas, hambrunas y pérdida de gente como castigo.» (Mackay, 1981: 368).

Dentro del ámbito aragonés, una de las fuentes más importantes es la denominada *Crónicas de los Jueces de Teruel*. Es un repertorio documental que contiene la nómina de los jueces de Teruel y sus aldeas, registrando además diversos acontecimientos producidos durante la judicatura de cada uno de ellos: muerte de un rey, inicio de una guerra, llegada de la peste, eclipses, terremotos, aumento de los precios del grano... Uno de los puntos más interesantes de este documento es que abarca una cronología muy amplia, de 1176 hasta 1532. Aunque la anotación de sucesos meteorológicos extraordinarios tiene una descripción y fecha concreta, su proceso de redacción no es homogéneo. Una gran parte de estas menciones fue anotada a posteriori, aunque sin afectar a su exactitud, ya que la información ya se encontraba escriturada. Existen otros problemas como, por ejemplo, las equivocaciones y anacronismos que se introdujeron

en las diversas copias que hay de esta fuente. Esto puso en duda la fiabilidad histórica de las *Crónicas* y la explotación de los datos en ella contenidos. No fue hasta finales del siglo XX cuando Fernando López realizó un análisis crítico en el que establecía una cronología exacta que ha favorecido el uso de esta fuente para la historia climática, especialmente para la Edad Media (Ibáñez, 1997: 187). Como se ha mencionado más arriba, la información relativa a sucesos climatológicos de este periodo es escasa, por lo que el trabajo de este autor es especialmente valioso.

La información climática recogida en las *Crónicas de los Jueces de Teruel* reúne los EMEs que tuvieron lugar desde mediados del siglo XIII en adelante, siendo especialmente frecuentes, por el número de menciones que hay, a partir del siglo XIV. Esto ha provocado que los estudios climáticos se hayan centrado en este periodo, principalmente por ser sus referencias más extensas, completas y fiables. Asimismo, se recogen noticias de carestías y hambrunas en la región, posiblemente como consecuencia de la pérdida de cosechas. Las alusiones a un clima más gélido y a un aumento de las nevadas muestran las primeras manifestaciones de la PEH registradas en la región, aunque desaparecen tras el primer cuarto del siglo XV³⁰. La ausencia de registros de fenómenos fríos no debe interpretarse ni como desidia por parte de los autores ni como una vuelta a una etapa más cálida. Probablemente, dada la creciente frecuencia de estos sucesos meteorológicos, estos dejaron de parecer extraordinarios a los ojos de la gente, de ahí que dejasen de anotarlos (Ibáñez, 1997: 191).

Lo que se deduce de estos datos es que el clima se estaba volviendo cada vez más inestable; esto es, como ya hemos comentado, lo que verdaderamente caracteriza la PEH. Su estudio detallado aporta algunas informaciones interesantes, aunque puntuales, sobre el paleoclima. Primeramente, la agrupación de los acontecimientos meteorológicos se concentra principalmente en la primavera, siendo abril y mayo en los que más menciones a fríos y heladas hay, suponiendo más de la mitad de las anotaciones (Anexo 4, gráfico 3). En los meses de verano, en cambio, la información es más escasa y se encuentran más bien referencias a fríos inusuales, a lluvias torrenciales y a granizo (Ibáñez, 1997: 197-198).

La desigual presencia de registros no deja sino entrever la importancia del calendario agrícola en la vida cotidiana de la población. Las épocas más importantes eran la primavera para el crecimiento de los frutos y el verano para su maduración. En ambos periodos los eventos meteorológicos que más aparecen reflejados son los más peligrosos para las cosechas, como la falta de calor o fenómenos que pudiesen destruir

³⁰ Para la comunidad de aldeas de Daroca hay unos 180 albaranes que hacen mención directa o indirecta a EMEs durante la primera mitad del siglo XV y que estarían apoyando la idea de la creciente inestabilidad climática que se aprecia en las *Crónicas*. En Daroca hay problemas sobre todo con las riadas, debido a la forma en la que creció la ciudad tras su conquista. Por eso se acabó construyendo La Mina a comienzos de la Edad Moderna. Agradezco esta información a Lidia Allué.

los cultivos, como lluvias torrenciales o granizos. Las temperaturas, siempre de manera orientativa, aparecen reflejadas cuando suponen una situación negativa. Especialmente importantes son las referentes al frío (Anexo 3, tabla 5), que son evaluadas respecto a sus efectos adversos en las producciones agrícolas. Por ejemplo, los daños en cerezos, manzanos y perales indican temperaturas entre -2 y -5º C y las viñas y campos gramíneos en crecimiento entre 0 y -2º C (Ibáñez, 1997: 201).

No se proporcionan datos en cuanto al volumen de las precipitaciones, pero sí referencias como granizadas, tormentas o desbordamientos de ríos que tuvieron consecuencias catastróficas (Anexo 3 tablas 6 y 7 y Anexo 4 gráfico 4). Atendiendo a las inundaciones y crecidas, es reseñable la concentración que observamos de 1480 a 1485, momento en el que hubo un promedio de una cada 1.5 años, siendo todas ellas producidas por tormentas de verano (Ibáñez, 1997: 220). Otros fenómenos, como las nevadas, se concentran en los meses de abril y mayo, momento en el que no debían ser corrientes. Asimismo, las granizadas registradas son las que destruyeron cosechas o, por el tamaño del granizo, las que llamaron la atención del autor. Por su parte, las sequías parecen tener ciclos de duración de 2 a 3 años, destacando las ocurridas en la década de 1370, en la primera década del siglo XV y, sobre todo, los ciclos extremos de 1455 y 1493-1494.

La inestabilidad creciente desde la segunda mitad del siglo XV tiene como factor determinante la influencia del Mínimo Solar de Spörer. Este suceso de carácter astronómico está relacionado con un descenso de la actividad del Sol desde 1420 hasta mediados del siglo XVI que provocó una bajada global de las temperaturas y condiciones meteorológicas inestables (Rohr, 2018: 255). Esta alteración se ha podido estudiar a partir de diversos registros históricos de manchas solares, auroras y modelos físicos que vinculan el ciclo solar con las concentraciones de radiocarbono datadas dendrocronológicamente (Richards, 2009: 798).

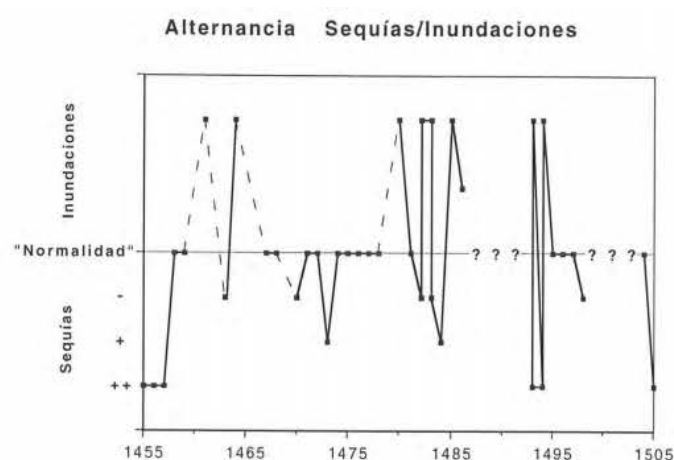


Figura 7. Muestra de los eventos meteorológicos extremos en Teruel y sus aldeas en la Baja Edad Media (Ibáñez, 1997: 227).

2.3. Actas capitulares

La producción documental administrativa es fundamental para el estudio climático histórico, puesto que se trata de documentación continua —en términos cronológicos— y homogénea. Sin embargo, el escaso repertorio conservado de los gobiernos locales en la Edad Media sitúa muchas veces el uso de estas fuentes desde el siglo XVI en adelante. La documentación relativa al ámbito ibérico previa al siglo XV es escasa, pero puede ser empleada del mismo modo que las crónicas, como fuente de registros de EMEs. Gracias a la documentación de las actas, se han podido hacer reconstrucciones climáticas del pasado, estableciendo en qué momentos se produjeron sequías o inundaciones catastróficas. La documentación más importante para estudiar estos fenómenos son las rogativas *pro pluvia* o *pro serenitate*, así como los registros locales de impuestos o daños tras una catástrofe natural y los albaranes de pago como compensación por la pérdida de la cosecha de un lugar. Atendiendo a la disposición espacial de fuentes, destacan dos grandes ámbitos: el de la Corona de Aragón y el de la Corona de Castilla.

En el caso aragonés, las actas municipales tienen un carácter limitado y local siendo un buen ejemplo la comunidad de Daroca y sus aldeas. Gracias a la recopilación de documentación de María Luz Rodrigo podemos encontrar referencias a malas cosechas, sequías, heladas o aguaduchos en los años de 1392 y 1417 (Rodrigo, 2000: 105-112). Desde la administración concejil era necesario paliar los efectos adversos de la meteorología en el caserío, en la producción agrícola, en la regulación de precios de alimentos básicos, en la prohibición de realizar *sacas* o en la colaboración del municipio y los eclesiásticos para realizar rogativas. Concretamente para conjurar tormentas veraniegas de agua y pedrisco, son contratados clérigos en los años de 1460, 1462, 1467, 1469, 1472, 1481, 1486, 1488, 1494 y 1522 con el fin de «subir a la torre de la iglesia de Santa María para, desde allí, *escantar los nublados*» (Rodrigo, 1995: 67-70). También encontramos rogativas *pro pluvia* en 1427, 1467, 1473 y especialmente 1477 y 1526, no solo en Daroca y sus aldeas sino también en Calatayud (Rodrigo 1997: 130-132).

Para el espacio castellano, las fuentes documentales básicas para la reconstrucción climática son los *Libros Redondos*, donde se guardan los diezmos sobre la producción en grano, conocidos como «préstamos de pan» o los «tercios del cabildo que son a pan» en las catedrales de Burgos entre 1352-1450 y en Palencia de 1412 a 1463. Al tratarse de registros religiosos, recogen a su vez los pagos realizados por las rogativas (Mackay, 1981: 357-363). Otra fuente de la misma tipología, pero de carácter civil, son las actas municipales. En ellas se anota la *saca*, un impuesto sobre los suministros alimentarios recaudado por el concejo (Mackay, 1981: 359). Son fuentes muy útiles porque albergan datos cuantitativos que permiten reconstruir la fortuna o la ruina de las cosechas, aunque no inciden en sus causas, por lo que deben ser usadas con cautela. Por otro lado, no hay que perder de vista el hecho de que, al tratarse de documentación local, la escala

de los registros es limitada y no tiene por qué coincidir con lo que ocurre en otros lugares de la península.

2.4. Un *proxy* de gran interés: las rogativas *pro pluvia* y *pro serenitate*

Las rogativas son una de las fuentes más útiles a la hora de hacer reconstrucciones paleoclimáticas; por ello hemos considerado oportuno dedicarles un apartado propio. Son una oración pública que se incluye dentro de la liturgia católica y que consiste en «súplicas solemnes realizadas por los creyentes, destinadas a pedir a Dios por los frutos de la tierra y diversas necesidades, empleando un conjunto de intercesores, por lo común santos o reliquias veneradas en las iglesias locales o en santuarios de ámbito regional» (Cuadrat, 2012: 179). Por extensión, se llama también así a la documentación derivada de ese proceso, ya que, como veremos a continuación, los poderes laicos estaban implicados en el desarrollo del mismo.

Las rogativas podían ser de dos tipos atendiendo al evento climático adverso que hay en su origen: *pro pluvia* —para que lloviese y terminar así con una sequía de duración variable— o *pro serenitate* —también llamadas *pro remissione*, para pedir que dejase de llover y cesasen las inundaciones. El hecho de que participen en este proceso instituciones como las cofradías y corporaciones de oficio, así como los poderes municipales y eclesiásticos dotan a las rogativas de una credibilidad prácticamente total (López, 2007: 200). El proceso se iniciaba normalmente con una petición de las autoridades gremiales cuando un suceso meteorológico —una sequía, inundaciones, grandes nevadas, plagas de langosta...— alteraba el desarrollo de las actividades socioeconómicas. Las autoridades se reunían y deliberaban entonces sobre la pertinencia o no de la realización de las rogativas. En caso afirmativo, la orden se transmitía a las autoridades religiosas que integraban la ceremonia en el calendario litúrgico (Cuadrat, 2012: 180). Todo ello, por supuesto, dejaba una huella documental que es la que nosotros, los historiadores, podemos utilizar para conocer el clima en el pasado.

Su gran profusión dentro del territorio español las ha revelado como un tipo de documentación muy provechosa para la reconstrucción de las riadas y de las sequías, aunque se estima que solo se ha estudiado el 3% de las rogativas existentes (Barriandos, 2014: 4816). Gran parte de las ellas se encuentran en la documentación administrativa municipal y de instituciones religiosas, como actas capitulares o de comunidades religiosas (Barriandos, 2006: 53). Esto se debe a que los poderes laicos locales eran partícipes del proceso y los encargados de pagar a la iglesia católica por sus servicios.

Las rogativas cumplen todos los requisitos establecidos por Le Roy Ladurie mencionadas anteriormente y son, por tanto, una información *proxy* extraordinaria en

el periodo pre-instrumental. Aunque la mayor parte datan la Edad Moderna, también hay algunas de la Baja Edad Media. Dada la mediación de la Iglesia católica en estos actos, son características de los países católicos de Europa del sur y sus colonias, como España e Italia (Anexo 3, tabla 8). Además, debido a su naturaleza religiosa, su estructura permanece estable hasta el siglo XIX (Domínguez, 2016: 16). Esta homogeneidad hace que las rogativas pueden ser fácilmente comparables independientemente del territorio estudiado (López, 2007: 200).

Para el análisis de las rogativas *pro pluvia* hay que tener en cuenta ciertas cuestiones básicas. La primera, que las rogativas no están influenciadas solamente por la presencia de sequías sino por otros factores como la calidad del suelo, el tipo de cultivo (Domínguez, 2012a: 707) o cuestiones como la deforestación. Gran parte de los estudios de rogativas se concentran en el noreste peninsular. Este espacio de clima mediterráneo se caracteriza, pese a la variabilidad geográfica, por la aridez extrema de una gran parte del territorio. Esta sequía endémica explica la tradicional preocupación de las sociedades por el agua, así como sus constantes esfuerzos por optimizar su gestión y aprovechamiento (Cuadrat, 2012: 178). Por otra parte, las rogativas son una información *proxy* muy influenciada por la subjetividad humana, particularmente sobre el motivo y el momento en el cuál la ceremonia es realmente necesaria. Asimismo, la estacionalidad es un factor determinante para su frecuencia. Las rogativas son mucho más abundantes en los meses donde los cultivos son más sensibles a las condiciones meteorológicas adversas, como las sequías o una mala distribución de las lluvias durante la primavera. En España, pese al clima mediterráneo que provoca fuertes estiajes en verano, las rogativas en este periodo son mínimas. Esto se debe a que no afectan a los cultivos y solo eran realizadas cuando concernían al ganado o al abastecimiento humano (Domínguez, 2012a: 707). Por último, todos los municipios, independientemente de su tamaño, eran susceptibles de hacerlas; por ende, cuanto mayor sea el número de localidades con rogativas, mayor será el déficit hidrológico registrado en esa región. Consecuentemente, la celebración de rogativas en varios sitios indica no solo una sequía en un área mayor, sino también de mayor intensidad (Domínguez, 2012a: 707). Dependiendo de este último factor, la Iglesia aplicaba distintas ceremonias que podían variar desde una simple oración hasta una peregrinación del pueblo. Mediante la suma y ponderación de los diferentes niveles se puede obtener un Índice de Sequía³¹ de carácter anual (Cuadrat, 2012: 182).

³¹ En adelante, IS.

Nivel	Grado de sequía	Tipo de rogativa <i>pro pluvia</i>
1	Leve	Oración simple
2	Medio	Exposición del intercesor en la iglesia
3	Grave	Misas y procesión con el intercesor en la iglesia
4	Muy grave	Procesión con el intercesor fuera de la iglesia
5	Crítico	Peregrinación a otro santuario o iglesia

Figura 8. Actos litúrgicos empleados en los diferentes niveles ceremoniales de rogativas³² (Cuadrat, 2012: 181).

Las reconstrucciones de sequías obtenidas mediante el estudio de las rogativas *pro pluvia* se concentran en su mayoría durante la Edad Moderna, donde hay largos y recurrentes periodos secos. Cabe destacar las aportaciones de Fernando Domínguez (2008; 2012a) y de José María Cuadrat (2002; 2012) específicas para el entorno aragonés. En periodos previos, como la Edad Media, la ausencia de documentación no implica la presunción de que el OCM fuese más clemente con los cultivos. De hecho, estudios sobre el Madrid medieval (*Mayrit*) muestran una tradición primitiva asociada a la cultura islámica. Las primeras noticias de rogativas se remontan a inicios del siglo XIII, cuando los restos incorruptos de San Isidro son sacados en procesión para que interceda ante el mal tiempo (Jiménez, 2015: 290.) Posteriormente, San Isidro ganó consideración entre poblaciones aledañas y hay noticias de nuevas rogativas en 1275, 1346 y 1426, así como el uso de otros santos y rituales (Jiménez, 2015: 292). En el Aragón medieval las alusiones a rogativas están motivadas por plagas de langosta, relacionadas con la presencia de sequías. Afectaron a Daroca y su Comunidad de aldeas en 1386 y alrededor de 1397, y sus vecinos hicieron votos a la iglesia de Santa María de Jaraba y ayunos voluntarios³³. Estos insectos también causaron estragos en Zaragoza y sus huertas en 1439 y 1458 y en los Monegros en 1493 y 1494. Ante la plaga se designó a San Gregorio papa como abogado contra la langosta y se hicieron procesiones (Gómez de Valenzuela, 2013: 125)³⁴.

El espacio catalán concentra la mayoría de los trabajos relacionados con esta documentación, con investigadores como Mariano Barriendos, M^a Carmen Llasat, Antonio Barrera-Escoda, Javier Martín-Vide, Eduard Rama o Albert Reixach, entre otros. El espacio cronológico en el que se enmarcan sus estudios parte en la mayoría de los casos desde la Edad Moderna, ya que la información procedente de la Edad Media es dispersa y poco fiable (Rama, 2010: 1). Esto no implica que no exista información para

³² A este cuadro general podría añadirse otros elementos locales como en el caso de Daroca donde como elemento de intercesión extraordinario también participaban los pobres, niños y el clero piadoso (Rodrigo, 1995; 1997).

³³ Agradezco a Lidia Allué por la información facilitada. Las firmas de los documentos citados son, respectivamente, Archivo Histórico Nacional, Clero Secular Regular, Car. 3612, N. 1 e *idem*, Car. 2933, N. 12.

³⁴ En otras localidades aragonesas, se instauraron votos locales para preservar de estas plagas, como el de San Miguel en la villa de Tauste (García, 1993).

este periodo, sino que las reconstrucciones obtenidas mediante este medio solo pueden centrarse en EMEs (Anexo 3, gráfico 7).

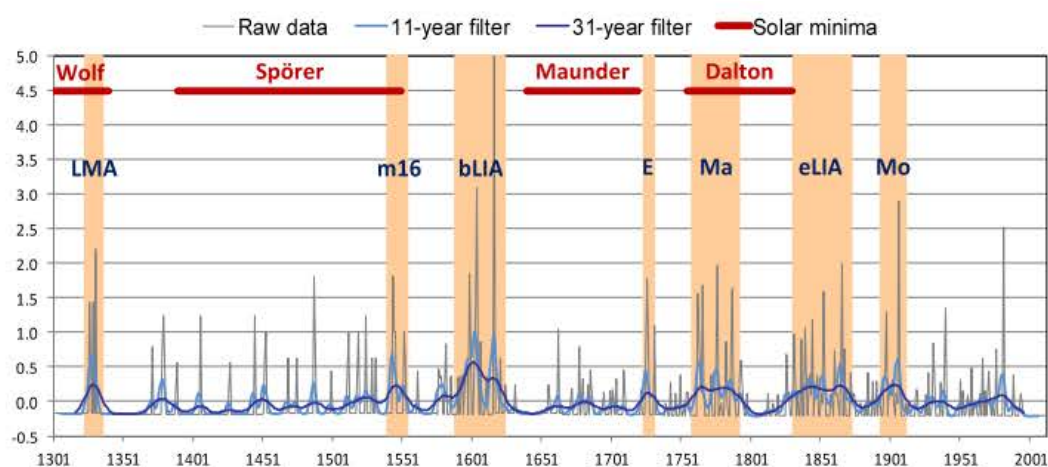


Figura 9. Índice de riadas catastróficas en Cataluña entre 1301 y 2012 (Barrera, 2015: 470).

La mayoría de los registros se concentran en otoño (54%) en los meses de octubre y septiembre, y en verano (21%) (Barrera, 2015: 469), hecho propiciado principalmente por la gota fría y las tormentas de verano. La mayoría de estos eventos tienen lugar en los ríos Ter, Llobregat y Segre Llasat (2005: 38). En los últimos años se ha desarrollado la base de datos *Prediflood* que alberga todas las menciones de riadas desde el siglo XI en adelante, contando actualmente con más de 1100 entradas (Barriendos, 2014: 4809).

2.5. Más allá de la Península Ibérica: los rollos señoriales de Francia

Una de las fuentes documentales del ámbito europeo que ha sido de gran utilidad para la investigación climática medieval son los rollos señoriales de Saboya. El contenido de estos manuscritos es de carácter económico, ya que registra los ingresos, salarios y precios de distintos alimentos a comienzos del siglo XIV. Desde un punto de vista climático, son relevantes ya que pueden servir de base para observar las transformaciones en la sociedad rural —en la productividad o en los cultivos— al adaptarse a un clima que sufrió grandes oscilaciones en la transición entre el OCM y la PEH (Labbé, 2019a: 131).

En los registros de la corte saboyana de los siglos XIV y XV hay multitud de alusiones a fenómenos meteorológicos como posible causa del descenso de los ingresos de alimentos como el vino o el cereal. Aunque no todos ellos tienen una explicación climática, sí parece haberla en el 85% de los casos (Labbé, 2019a: 135), mientras que el resto parece que obedecieron a factores sociales como pobreza, epidemias o migraciones. Los administradores, autores de dichos documentos, demostraban a los

auditores que el descenso en las cuentas se debía a causas no solo inevitables sino también creíbles. Gracias a la precisión de sus cuentas y a su regularidad se pueden reconstruir las fluctuaciones climáticas en los meses de primavera y verano (Labbé, 2019a: 134-136).

Los datos registrados en estos rollos señoriales coinciden con los obtenidos a partir de análisis dendrocronológicos lo que demuestra su validez científica. Los años de 1306 y 1307 fueron años muy cálidos, apreciándose un aumento progresivo de la humedad desde 1310, que culminó en los años de 1315-1317. En este periodo los años calurosos se corresponden con buenas cosechas mientras que los veranos lluviosos supusieron la pérdida de las mismas (Labbé, 2019a: 144). La correlación entre los datos ofrecidos por los manuscritos y por las reconstrucciones del Índice de Severidad de la Sequía de Palmer³⁵ es casi perfecta hasta los años 1322-1323. Cabe destacar, no obstante, una incongruencia importante: los años 1318-1319, que de acuerdo al índice PDSI podrían considerarse como secos, aparecen en la documentación como húmedos, por lo que serán necesarias más investigaciones al respecto.

La influencia de los veranos lluviosos puede deducirse de las cosechas a partir de los registros realizados por la administración, pues estos reflejan un descenso de los ingresos de la elaboración vinícola entre el 60 y 80% en el periodo 1314-1317. La reconstrucción de la producción de cereales es más compleja, ya que no era gestionada directamente por el señor, sino por sus campesinos. La única información que se tiene al respecto son los pagos en especie al propietario que, pese a ser variables, muestran un descenso generalizado del 60% entre 1314-1317 y del 40 al 60% entre 1321-1325 respecto a los años previos de 1305-1309 (Labbé, 2019a: 145-147).

³⁵ En adelante, PDSI (por sus siglas en inglés: *Palmer Drought Severity Index*).

III. ESTUDIO DE CASO: LA «GRAN HAMBRUNA» DE 1315-1322 EN EL NOROESTE DE EUROPA

El objetivo principal de este último apartado es mostrar, mediante un breve caso práctico, el potencial que tiene el uso de los *proxy data* para comprender la influencia que tuvo el clima en las sociedades preindustriales. Para ello he seleccionado el evento que la historiografía ha denominado tradicionalmente como la «Gran Hambruna» de 1315-1322 y que ha sido muy estudiada en el norte de Europa, especialmente en las Islas británicas y Flandes, gracias a la abundancia de fuentes escritas —inexistentes o desconocidas para otros espacios europeos— y de datos paleoambientales aportados por diversas disciplinas³⁶.

En el bloque anterior hemos visto cómo desde mediados del siglo XIII se observa un cambio en los patrones climáticos que está relacionado con el paso del OCM a la PEH (Anexo 4, Gráfico 8), momento en el que termina también la expansión demográfica, económica y agraria de los siglos XII y XIII. Según algunas estimaciones, en el Cuatrocientos la población del norte de Europa era de unos 30 millones de habitantes, de los cuáles aproximadamente el 90% vivían en el campo (Jordan, 1996: 47). Por tanto, la economía estaba basada principalmente en la agricultura, la cual, como ya hemos visto, dependía enormemente del clima³⁷. Si éste no era idóneo, las crónicas repetían incesantemente la llegada de *caristia*, *fames*, *pestilentia* y *mortalitas* (Lucas, 1930: 345) o incluso de «veranos podridos».

A continuación, veremos qué pasó a nivel climático entre 1315 y 1322 y cómo afectó a las cosechas, para exponer después las consecuencias que esto tuvo en la economía, en la sociedad y en los animales.

1. Las alteraciones climáticas de 1315-1322 y su impacto en las cosechas

Gracias a la dendrocronología se ha podido realizar una reconstrucción de la pluviosidad entre 1314 y 1322. Como se muestra en la figura 10, los veranos de 1314 a 1316 fueron muy húmedos en gran parte de Occidente, desde Polonia hasta Irlanda y desde el norte de Italia hasta Escandinavia (Slavin, 2018: 497). Esto tuvo sin duda graves consecuencias en las cosechas, ya que cuando las lluvias son anormalmente abundantes en primavera, el grano, o de manera más general, los vegetales, no pueden madurar convenientemente³⁸. Esta situación se agrava, además, si las precipitaciones no cesan

³⁶ Por motivos de espacio no hemos podido incluir todos, pero el lector interesado puede acudir a la obra de Campbell, 2016.

³⁷ Tal y como indica Pirenne, esta agricultura era fundamentalmente de subsistencia (Pirenne, 1914: 494-515). De ahí que cualquier alteración climática pudiese comprometer la supervivencia de los grupos humanos.

³⁸ Principalmente porque una lluvia continuada implica que no brille el sol.

durante el estío, porque lo poco que se podría recoger durante la siega se acababa pudriendo³⁹.

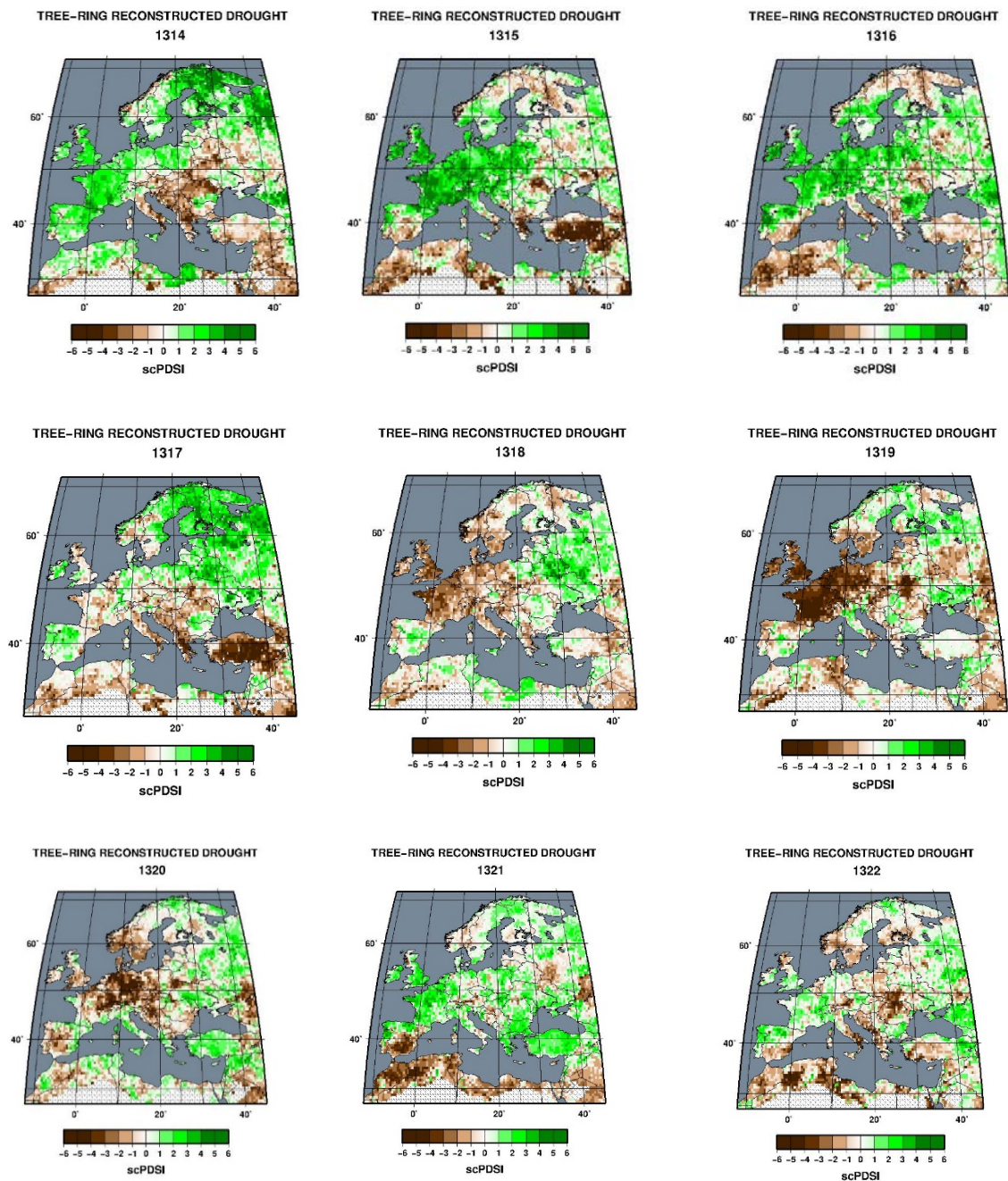


Figura 10. Reconstrucción de la evolución de la pluviosidad entre 1314 y 1322 en base al crecimiento de los anillos de los árboles (Cook, 2015: 3). (Todos los mapas anuales del OWDa pueden encontrarse en formato JPG en <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/19419>)

Sabemos por las fuentes escritas que las cosechas de 1315 —tanto las sembradas en 1314 como en la primera mitad de 1315— se echaron a perder por las continuas

³⁹ De ahí el nombre de «veranos podridos» que hemos mencionado unas líneas más arriba.

precipitaciones⁴⁰. La población, ante la amenaza del hambre, usó el grano que debería haber destinado a la siembra del año siguiente, agravando aún más su situación de cara al año siguiente. Las cosechas de 1316 fueron todavía peores, puesto que a la escasez de grano había que añadir que los campos estaban anegados por las lluvias incesantes y por la muerte de muchos animales de tiro, como explicaremos después. Por ello, a pesar de que los veranos de 1316 y 1317 fueron más secos que los anteriores, el hambre ya se había instalado en las dos regiones estudiadas. Las fuentes no vuelven a hablar de abundantes cosechas hasta 1319 gracias, entre otros factores, a unos veranos más secos y cálidos que los anteriores, que permitieron la correcta siembra y maduración del grano.

2. Consecuencias económicas

La pérdida de cosechas provocó la escasez de grano, lo que tuvo como consecuencia inevitable un aumento significativo de los precios en el mercado. Se calcula que, en base a los datos aportados por diversas fuentes escritas —principalmente registros señoriales— en la Inglaterra de 1316 la producción de trigo disminuyó un 60%, la de cebada un 40% y la de avena «solamente» un 25%, ya que este cereal resiste mejor las condiciones de humedad derivadas de las constantes lluvias (Campbell, 2016: 191). El brusco descenso en la producción de cereales puede verse en la figura 11. Otros cultivos básicos para la dieta popular, como las leguminosas, también se vieron afectados. Asimismo, la producción de sal⁴¹ y de vino, productos igualmente importantes para la dieta medieval, también se redujeron. Con respecto al segundo, según la *Chronique Latin* de Guillaume de Nangis, los cielos nublados y la sobreexposición de lluvias afectaron a la cantidad del vino producido, así como a su calidad (Lucas, 1930: 350-352). Por último, también se vieron mermados productos como la cera, la miel, las frutas y diversos derivados animales como leche, mantequilla o queso (Jordan, 2010: 51).

⁴⁰ Esto estaría relacionado con el predominio de una NAO- (Slavin, 2018: 496). Estas variaciones en la NAO presentan patrones de alternancia de entre 300 y 400 años y que han quedado plasmados en los anillos de crecimiento del alerce siberiano (Anexo 4, gráficos 9 y 10). Además, el periodo comprendido entre 1290 y 1340 es el más inestable de los últimos 2000 años (Campbell, 2016: 202-205).

⁴¹ Las constantes lluvias impiden la producción de sal, que se obtenía básicamente por desecación. Recordemos que la sal no era solamente un condimento, sino que era imprescindible para la conservación de numerosos alimentos gracias a la salazón (Lucas, 1930: 350-352).

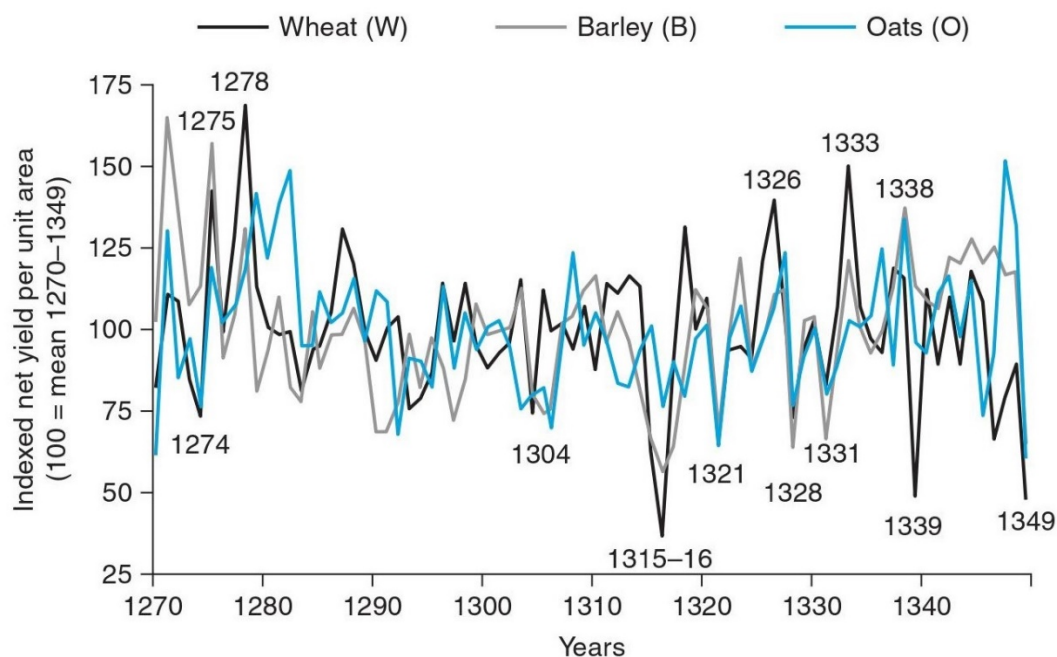


Figura 11. Rendimiento neto de grano inglés indicado por unidad de superficie (1270-1349). Trigo (negro), cebada (gris) y avena (azul) (Campbell, 2016: 190).

Esta subida de precios fue generalizada prácticamente en todo Occidente, como así lo recogen numerosas crónicas europeas. Por ejemplo, Gilles le Muisit indica que una *raseria* de avena costaba 27 sueldos, 45 los guisantes, 60 el trigo y se llegaban a pagar 6 libras por una de sal en 1316 (García de Cortázar, 2008: 319). Los datos aportados por este cronista francés nos hacen constatar la generalización de una escasez de alimentos, que tuvo su reflejo en el aumento de los precios de numerosos bienes de consumo en el mercado (Anexo 3, tabla 9). En Inglaterra, por ejemplo, se pasó de un valor medio de 5 chelines el cuarto de trigo y 7 1/4 peniques en la primera década de siglo XIV a 26 chelines y 8 peniques en 1315 e inicios de 1316. Otro ejemplo, desde noviembre de 1315, en la ciudad de Amberes el precio del trigo, que ya era alto, aumentó un 320% (Lucas, 1930: 350-352).

Algunos actos humanos empeoraron todavía más esta situación. La escasa supervisión de los monarcas favoreció que se especulara con el poco grano existente, que era conservado por los mercaderes para hacer que los precios subieran aún más, provocando carestías. Los intentos legales para controlar el mercado, como por ejemplo la *Ley del precio único* de Inglaterra, resultaron inútiles ya que solamente pretendían mantener estables los precios, en vez de reducirlos (Slavin, 2014: 27). Además, el hecho de que las carestías evolucionasen en hambrunas indica que los dirigentes fueron incapaces de llevar a cabo estrategias eficaces de aprovisionamiento para acabar con los abusos de los acaparadores y el hambre de la población⁴². Por otro lado, se constatan

⁴² Un estudio muy interesante sobre las políticas de abastecimiento de las ciudades medievales de Occidente y sus consecuencias sociales puede verse en (Arízaga, 2009). Para las hambrunas en la Edad

numerosos casos en los cuales se daba un trato preferencial en el acceso a los productos a determinados sectores de la población, en función de su estatus (Slavin, 2014: 32).

La inflación derivada de las carestías elevó los precios, pero no así los salarios, que solamente subieron entre un 6 y un 18% (Jordan, 1996: 60). Este tímido ascenso no fue suficiente para permitir que la gente pudiese pagar el valor demandado por los alimentos, ya que había una gran diferencia entre la tasa de inflación de los precios y el coste de la mano de obra (Anexo 4, gráfico 11). Los salarios reales, es decir, los salarios nominales deflactados por el Índice de Precios al Consumo, alcanzaron su nivel más bajo entre la segunda mitad del siglo XIII y la segunda mitad del siglo XIV (Slavin, 2014: 14). A esto hay que añadir que, cuando la población podía conseguir grano, tenía un escaso valor alimenticio, por lo que el pan cocinado era de mala calidad y no aportaba los nutrientes necesarios (Slavin, 2018: 498).

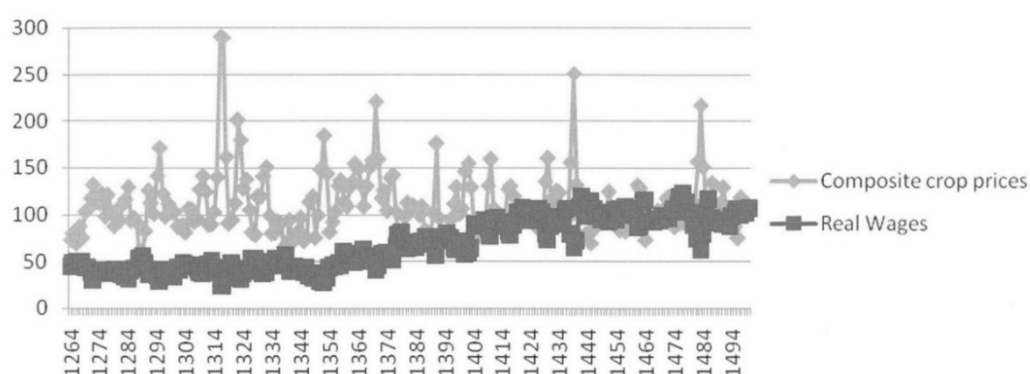


Figura 12. Precios de las cosechas y salarios reales de los trabajadores urbanos en Inglaterra, 1264-1500. (Slavin, 2014: 17).

3. Consecuencias en la demografía y en la sociedad

Es evidente que la escasez de alimentos y su elevado precio provocaron el hambre generalizada y la muerte de muchas personas entre 1315 y 1322. Las fuentes y crónicas coetáneas hablan de que cerca de un tercio de la población murió en esos años, pero se carece de datos suficientes para contrastar esta información (Lucas, 1930: 369). Posiblemente, el documento más útil para aproximarnos a la mortalidad en las ciudades del norte de Europa pertenece a la ciudad de Ypres, Bélgica. Este documento es el *scabini* de 1316, donde se cuentan las personas que fallecieron durante la hambruna de ese año, y además se especifica el número de cuerpos enterrados y el pago por enterramiento (Anexo 3, tabla 11). Según esta fuente, los meses más duros de la hambruna fueron desde mayo hasta inicios de septiembre, superando ampliamente en

Media, ver Bourin, 2011 y 2014. Cabe señalar que varios factores dificultaron la importación de grano desde otras regiones durante la «Gran Hambruna», como por ejemplo el mal estado de los caminos debido a la lluvia, la Guerra Anglo-Escocesa (1296-1328) o la piratería en los mares del Norte, Celta e Irlandés (Slavin, 2018: 502).

muchos casos las 100 muertes semanales y llegando hasta 191 durante la primera semana de agosto (Kershaw, 1973: 11).

Las crónicas y otros documentos suelen ofrecer cifras de población y de muertes que por lo general están alejadas de la realidad. Así, mientras que las fuentes escritas indican que había 200.000 personas viviendo en Ypres en 1316, algunos investigadores defienden que en realidad serían entre 25.000 y 30.000. Según sus cálculos, si tenemos en cuenta la cantidad de muertos que aparecen en los documentos, se puede establecer que cerca del 10% de la población urbana murió por la hambruna, siendo esta cifra aplicable al ámbito del norte de Europa (Lucas, 1930: 369).

Otras fuentes coetáneas, como los *Anales* de John de Trokelowe o la *Crónica* de Gilles le Muisit, reflejan muy bien el impacto que les causaba la situación vivida, recalcando que no tenían noticia de otro periodo similar en cuanto a hambre y muertes. Gilles le Muisit lo describe de la siguiente forma:

A causa de las intemperies y del hambre tan atroz, los cuerpos comenzaban a debilitarse y las enfermedades a desarrollarse y resultó de ello una mortandad tan fuerte que ningún ser entonces vivo había visto jamás nada parecido... Yo certifico que en Tournai morían cada día tantas personas, hombre y mujeres, pertenecientes a las clases dirigentes, medias y pobres que el aire estaba por así decirlo completamente corrompido (García de Cortázar, 2008: 319).

Los fallecimientos no eran causados simplemente por la inanición. Era mucho más frecuente, de hecho, que las personas sucumbieran ante alguna enfermedad infecciosa, cuyo contagio era frecuente, puesto que la desnutrición debilita el sistema inmunológico. Los análisis paleopatológicos nos aportan mucha información sobre el tipo de males que sufrieron estas poblaciones. Periodos prolongados de una alimentación insuficiente causan la aparición de estrías en el esmalte dental, que pueden ser observados frecuentemente en los esqueletos de estas regiones y este periodo. También hay indicadores que apuntan hacia una posible epidemia de fiebre tifoidea que afectó a todas las clases sociales, aunque parece que causó una menor mortalidad entre aquellos que podían mantenerse mejor alimentados (Kershaw, 1973: 11). Se encuentran diferencias interesantes como, por ejemplo, una mayor prevalencia en el ámbito urbano frente al rural —sin duda relacionado por la dificultad de obtener muchos alimentos en las urbes y a su elevado precio en el mercado— o la edad y género, ya que sufrieron más los niños, ancianos y mujeres que los hombres de mediana edad (Jordan, 2010: 51). Si comparamos la información obtenida de los esqueletos con la

documentación, parece que hubo otras enfermedades circulando entre la población, como por ejemplo ántrax, disentería, fiebres e infección de garganta⁴³.

En otras ocasiones, las crónicas y otras fuentes escritas relatan cómo la población se vio forzada por culpa del hambre a comer cosas que normalmente no consumían⁴⁴, como carne de caballo o, cuando la situación era de extrema necesidad, perros, gatos y otros animales considerados impuros (Kershaw, 1973: 9-10). A veces la desesperación empujaba a la gente a comer hojas y raíces, y parece que hubo ocasiones en las que el propio rey vio comprometida su alimentación debido a la escasez de comida, lo que indica que no solamente los pobres podían llegar a pasar hambre (Lucas, 1930: 355-356). Otros cronistas inciden en la mala calidad del pan —dado que se elaboraba con cereales como el centeno, y no con trigo— o incluso relatan con consternación cómo en 1316 «hubo una penuria tal de vino en Francia que no se bebía en Tournai más que vinos de Saint Jean» (García de Cortázar, 2008: 319). Más controvertidas son, sin duda, las noticias que hablan de rumores de robos de niños y canibalismo en pueblos, cárceles y ejércitos en todas las regiones del Norte de Europa. Aunque muchos autores defienden que son sólo exageraciones de los autores, otros, como Slavin, consideran que la veracidad de esta información no debería ser descartada (Slavin, 2018: 504).

Lo que es evidente es que el continuo ascenso de los precios llevó a la ruina a buena parte de la población, especialmente a la que residía en la ciudad⁴⁵. Muchos se vieron obligados a vender sus bienes para poder comprar alimentos, siempre y cuando estos estuvieran disponibles en el mercado. Así, el número de la población marginal aumentó en esta época. Gilles le Muisit, por ejemplo, señala la presencia de «mendigos que morían en gran número en las calles» (García de Cortázar, 2008: 319). Pero, además, se constata un aumento de la criminalidad en este periodo, la cual puede explicarse por la penuria y la desesperación de la gente. Aumentó el número de vagabundos, de robos, de asesinatos y de asaltos motivados por la obtención de comida. Los más necesitados se unían en ocasiones al ejército del rey para garantizar así su manutención, y no fueron pocas las veces que actuaron por cuenta propia para conseguir alimento saqueando, por ejemplo, los campos de las poblaciones rurales por las que pasaban.

⁴³ Este último síntoma, mencionado en en algunos documentos, parece que es en realidad un error de traducción. La palabra *gutturosa* usada por Trokelowe es bastante parecida a *guttosa* (que hace referencia a los intestinos), la cual parece mucho más plausible teniendo en cuenta otros síntomas extendidos por todo Occidente, como la disentería del Sonne, también llamada shigelosis, producida por el patógeno *Shigella sonnei* (Russell, 1966: 468).

⁴⁴ Para conocer estos cambios en la alimentación son muy útiles los estudios derivados de las excavaciones de letrinas y pozos negros, donde por lo general se almacenan en condiciones relativamente buenas los desechos derivados de la digestión y excreción humanas.

⁴⁵ Recordemos que la población que habitaba en las ciudades no desempeñaba, en su gran mayoría, labores agrícolas. De este modo, se veían obligados a recurrir al mercado para poder adquirir alimentos, siendo muy vulnerables —sin duda mucho más que los campesinos— a la subida de los precios de los alimentos básicos.

En la figura 13 se observa la relación directa entre el aumento del precio del trigo y de los delitos registrados en los condados ingleses de Norfolk, Yorkshire y Northamptonshire. Entre 1315 y 1318, pasaron de 98 a 554 y fueron mayoritariamente robos, por lo general asociados a la sustracción de vegetales o de pan de centeno. Por tanto, el aumento de la criminalidad en estos años debe entenderse como una muestra de la desesperación por obtener alimento, y no como un ascenso de la violencia o de la inseguridad en las calles (Hanawalt, 1974: 282-291).

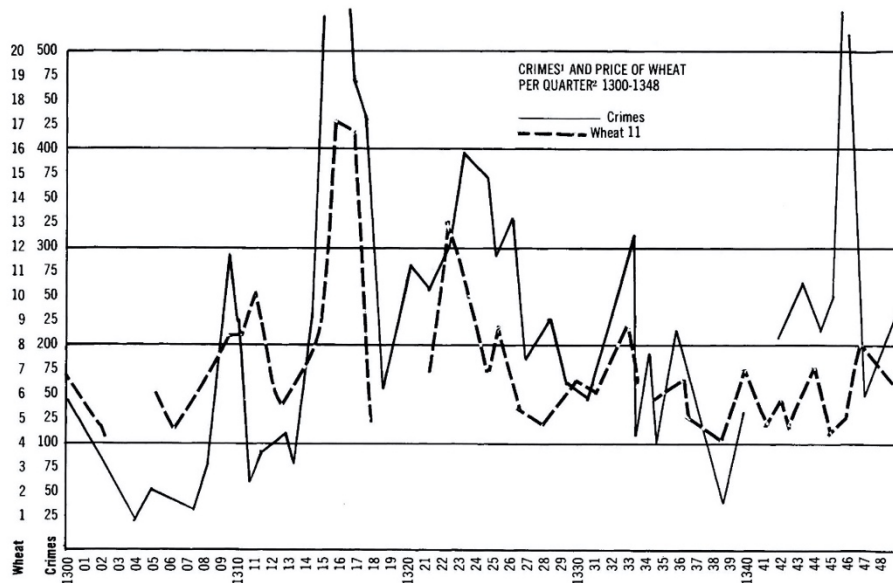


Figura 13. Crímenes y precio del trigo por cuarto entre 1300 y 1348 en Norfolk, Yorkshire y Northamptonshire (Hanawalt, 1974: 290).

4. Consecuencias en los animales

La excesiva humedad fue también negativa para los cultivos no destinados al consumo humano. Es, por ejemplo, el caso de la paja, imprescindible para alimentar al ganado durante los meses de invierno, y cuya cantidad y calidad se vieron mermadas por las grandes lluvias, favoreciendo su podredumbre. Los pastizales, por su parte, produjeron buenas cantidades de hierba, hasta el punto de superar la demanda. No obstante, los excedentes no pudieron ser comercializados debido a las dificultades para transportarlos, dadas las incesantes lluvias (Slavin, 2018: 499).

La putrefacción de los cereales y la paja, junto con el mantenimiento del ganado en espacios cerrados, ya que el clima no permitía que saliesen a pastar, propiciando la aparición y difusión de enfermedades infecciosas que hicieron mella sobre unos animales que ya estaban debilitados por la malnutrición. Se conocen tres episodios principales de exceso de mortalidad animal, aunque hubo otros. El primero se produjo en las Islas Británicas entre 1314 y 1317, afectando principalmente al ganado ovino. Las crónicas mencionan desde 1314 un *communis putredo* entre el ganado ovino, que debe

ser entendido como una enfermedad infecciosa y que puede estar relacionada, por los síntomas que se describen, con afecciones al hígado y, más probablemente, con un morbo de tipo sanguíneo desaparecido en la actualidad denominado *robeus morbus*. También hay constancia de otras dolencias como la sarna y la viruela ovina (Slavin, 2018: 505-506). La mortalidad animal fue catastrófica, como muestran los registros de la abadía de Titchfield, en donde solo sobrevivieron 137 de 468 animales; peor fue en Clipstone, donde se calcula que murió casi la totalidad del rebaño y el 72% de los corderos; en el priorato de Bolton solo sobrevivió un tercio del ganado (Anexo 3, tabla 10) (Kershaw, 1973: 20-22). Este suceso marcó durante muchos años los productos derivados de las ovejas y, especialmente, la producción de lana, que tardó muchos años en recuperarse y que provocó un descenso continuado de la cabaña ovina (Kershaw, 1973: 31).

El segundo momento crítico se produjo entre 1315 y 1316 en Inglaterra y Gales, donde falleció el 62% de los bóvidos⁴⁶ entre 1315 y 1316 (Slavin, 2018: 507). En otras zonas, como Clipstone, la población bovina descendió alrededor del 20% en 1318-1319, llegando al 40% en los años sucesivos. En Oxford también quedó registrada la muerte, entre 1320-1321, de 10 de los 14 bueyes y 6 de las 9 vacas que allí había (Kershaw, 1973: 24-25).

El tercer episodio, sin duda el que peores consecuencias tuvo, coincide con la aparición de una peste bovina que se expandió prácticamente por todo Occidente entre 1315 y 1321. Los *Anales de Ulster* registran «una gran destrucción de vacas en toda Irlanda en general» en 1318, pero también en 1321, 1322 y 1324, donde se dice «la misma pérdida de vacas volvió a prevalecer en Irlanda» (MacCarthy, 1893: 439). La mortandad llamada *Mael Domnaig* fue registrada también en los *Anales de Loch Cé y Connacht*, en los que se menciona la aparición de la viruela y la peste del ganado desde 1318 hasta 1327, teniendo una duración más extensa aquí que en el resto de Occidente⁴⁷.

En definitiva, la muerte masiva de ganado ovino y bovino supuso un impacto muy negativo en la alimentación y economía de las sociedades campesinas perjudicando, además, la producción de las cosechas posteriores. Dado que muchos animales de tiro murieron, la producción de las siembras de los años siguientes se vio comprometida.

⁴⁶ Parece que la mortalidad fue más levada para los ejemplares femeninos o malnutridos que en los bueyes. Otros animales, como cerdos y caballos, no se vieron tan afectados y se intensificó su uso para alimentación y trabajos agrícolas (Jordan, 1996: 55).

⁴⁷ El proyecto de corpus electrónico de textos irlandeses, el CELT, es de libre acceso y acoge un importante fondo de recursos documentales para la historia y la literatura de Irlanda. En este corpus se pueden consultar con facilidad los anales del Ulster, Loch Cé y Connacht: <https://celt.ucc.ie/index.html>

IV. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo se ha intentado de dar respuesta al principal problema de la Historia Climática de la Edad Media: la falta de fuentes. El procedimiento ha sido arduo y costoso, ya que las publicaciones sobre este tema son escasas — especialmente comparadas con las disponibles para la Edad Moderna— y dispersas. Es por esta razón que la labor de documentación ha requerido la lectura y manejo de una amplia bibliografía, centrada principalmente en dos ámbitos: las fuentes climáticas empleadas para la Edad Moderna —y válidas para el periodo anterior— y los trabajos que tratan sobre alteraciones climáticas durante la Edad Media en el Occidente europeo.

Una de las principales conclusiones obtenidas es que la información climática referente a la Edad Media es escasa, heterogénea, dispersa y difícil de encontrar. Pero existe. Más grave es el desconocimiento o incluso el desinterés que muchos medievalistas presentan sobre este tema. Por ello, las reconstrucciones climáticas a semejanza de la Edad Moderna no son posibles, sino que se fundamentan principalmente en el estudio de EMEs y, por tanto, nos dan una visión parcial y estática de algunos momentos concretos del medievo.

Ya hemos visto que podemos dividir los *proxy data* en dos grupos: los archivos naturales y las fuentes documentales. Los primeros son registros que muestran las alteraciones climáticas a lo largo de la historia a partir de elementos presentes en la naturaleza. Probablemente el más empleado y conocido sea la dendrocronología, ya que se utiliza en todo el globo y permite remontarse a cronologías muy antiguas. El análisis de los anillos de crecimiento es un buen medidor de las precipitaciones, aunque las muestras suelen ser escasas y se encuentran en lugares recónditos, principalmente de gran altitud. Otro *proxy* de gran utilidad es la fenología, que recoge principalmente la fecha de vendimias u otros cultivos. Otras disciplinas muy útiles para conocer el paleoclima son la palinología y la carpología, las cuales aportan información sobre el tipo de flora existente en un tiempo y espacio determinados. Sus análisis pueden arrojar luz sobre la evolución del paisaje a lo largo del tiempo o el cambio de cultivos como consecuencia de cambios climáticos concretos. Por último, encontramos los archivos naturales abióticos, por ejemplo, el análisis de suelos marinos, de terrazas fluviales, de testigos de hielo o de los sedimentos lacustres, entre otros.

Por su parte, las fuentes documentales son el elemento básico de investigación para los historiadores y son igualmente imprescindibles para la Historia Climática medieval, pese a su escasez. Es probable, de hecho, que dichas carencias se deban más a la falta de estudios sobre este tema que a la inexistencia de datos. Las crónicas y anales, ya sean cristianas o musulmanas, suponen una parte importante de la documentación

disponible. En la mayoría de ellas, las alusiones climáticas son escasas o inexistentes, pero pueden hacer alusión a EMEs con grandes consecuencias para la sociedad. Entre sus virtudes destacan su amplia cronología, ya que algunos como los andalusíes o los irlandeses se retrotraen hasta la Alta Edad Media. Dentro de las cristianas sobresalen las *Crónicas de los Jueces de Teruel*, que recogen numerosas anotaciones sobre el clima del Teruel medieval. Las actas capitulares son otra fuente de información indispensable. Es la documentación más empleada para la modernidad, pero también hay noticias de los últimos siglos medievales. Es, generalmente, información más continua y homogénea que la de otros tipos de documentos, y dentro de ellas encontramos las rogativas. Dependiendo de si están destinadas a atraer o a alejar la lluvia, encontramos rogativas *pro pluvia* o *pro serenitate*, que han sido esenciales para establecer los ciclos tanto de sequía como de inundaciones catastróficas en el noreste peninsular. En ellas se distinguen, además, varios niveles de gravedad de estos eventos y su amplia difusión por el territorio permite realizar reconstrucciones más precisas que las que podemos elaborar a partir de otras fuentes. Además, más allá de los Pirineos encontramos los rollos señoriales, documentos de carácter económico y en su mayoría relativos a viñedos. Por último, cabe mencionar las bases de datos informáticas que se han multiplicado en los últimos años y que proporcionan una información cuantitativa y cualitativa inigualable siendo, además, todas ellas accesibles de manera pública y gratuita.

El cruce y la comparación de la información ofrecida por todas estas fuentes es imprescindible a la hora de realizar reconstrucciones del paleoclima y para comprender sus consecuencias en las sociedades. Así espero haberlo demostrado mediante el caso de estudio de la «Gran Hambruna» de 1315-1322 que afectó al Noroeste de Europa. La interdisciplinariedad, así como la toma de conciencia por parte de los historiadores en general, y de los medievalistas en particular, de la importancia del clima en el devenir de las sociedades preindustriales, son dos factores fundamentales para el progreso futuro de la historia climática. Además, no cabe olvidar que, al tratarse de una disciplina en desarrollo, las novedades son continuas y hay temas de investigación que todavía no han podido ser convenientemente desarrollados, como por ejemplo la implicación del clima en la aparición de numerosos despoblados en Europa o su relación con la profusión de distintas enfermedades infecciosas en el pasado.

En definitiva, se trata de un tema más que apasionante y que requiere de un mayor desarrollo que pretendo seguir profundizando en estudios posteriores de máster.

V. BIBLIOGRAFÍA

- ALBEROLA ROMÁ, Armando, 2014, *Los cambios climáticos: la Pequeña Edad de Hielo en España*. Madrid, Cátedra.
- ALCOLEA GRACIA, Marta *et al.*, 2016, «Aportaciones de la antracología al conocimiento del marco paleoecológico y paleoeconómico del castillo de Juslibol (Zaragoza) en época medieval», *Zephyrus*, 77: 173-189.
- ALEXANDRE, Pierre, 1987, *Le climat en Europe au Moyen Âge. Contribution a l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*. Paris, ÉHESS.
- ALLUÉ ANDRÉS, Lidia C. (tesis en curso), *Transformation de l'habitat et du paysage dans un espace de rupture: la Comunidad de aldeas de Daroca (Aragon, Espagne) du XIVe au XVIIe siècle*, Université Toulouse 2-Universidad de Zaragoza.
- ARÍZAGA BOLUMBURU, Beatriz y SOLÓRZANO TELECHEA, Jesús Ángel eds., 2009, *Alimentar a la ciudad en la Edad Media*. Logroño, IER.
- BARRERA-ESCODA, Antonio y LLASAT, María del Carmen, 2015, «Evolving flood patterns in a Mediterranean region (1301–2012) and climatic factors –the case of Catalonia», *Hydrology and Earth System Sciences*, 19: 465-483. <https://doi.org/10.5194/hess-19-465-2015>
- BARRERA-ESCODA, Antonio, LLASAT, María del Carmen y BARRIENDOS VALLVE, Mariano, 2005, «Estimation of extreme flash flood evolution in Barcelona County from 1351 to 2005», *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6: 505-518.
- BARRIENDOS VALLVE, Mariano *et al.*, 2014, «The “Prediflood” database of historical floods in Catalonia (NE Iberian Peninsula) AD 1035–2013, and its potential applications in flood analysis», *Hydrology and Earth System Sciences*, 18: 4807-482. <https://doi.org/10.5194/hess-18-4807-2014>
- BARRIENDOS VALLVE, Mariano y MARTIN-VIDE, Javier, 1998, «Secular climatic oscillations as indicated by catastrophic floods in the spanish mediterranean coastal area (14th–19th centuries)», *Climatic Change*, 38: 473-491.
- BARRIENDOS VALLVE, Mariano, 2006, «La climatología histórica en el contexto universitario español», *Pedralbes*, 26: 41-63.
- BAUCH, Martin, 2020, «Chronology and impact of a global moment in the 12th century. The Samalas eruption revisited». En Andrea Kiss, y Kathleen Pribyl eds., *The Dance of Death in Late Medieval and Renaissance Europe. Environmental stress, mortality and social response*. New York, Routledge: 214-232.
- BENITO I MONCLÚS, Pere, 2009, «Carestía y hambruna en las ciudades de occidente durante la Edad Media. Algunos rasgos distintivos». En Beatriz Arízaga y Jesús Ángel Solórzano eds., *Alimentar a la ciudad en la Edad Media*. Logroño, IER: 300-309.
- BENITO FERRÁNDEZ, Gerardo, DÍEZ-HERRERO, Andrés y FERNÁNDEZ DE VILLALT, María, 2003, «Magnitude and frequency of flooding in the Tagus basin (central Spain) over the last millennium», *Climatic Change*, 58: 171–192.

- BLASCO IIAZO, José, 1959, «Las avenidas del Ebro. Crecidas verdaderamente extraordinarias, 1261-1959», *La Cadera*, 139: 3-13.
- BOLOS MASCLANS, Jordi, 1982, «Anàlisi pollínica i història medieval. Aportació al coneixement del paisatge pirinenc durant l'Edat Mitjana», *Quaderns d'estudis medievals*, 1/33: 635-638.
- BOURIN, Monique coord., 2011, *Les disettes dans la conjoncture de 1300 en Méditerranée occidentale*. Roma, EFR.
- BOURIN, Monique coord., 2014, *Dynamiques du monde rural dans la conjoncture de 1300 échanges, prélèvements et consommation en Méditerranée occidentale*. Roma, EFR.
- BRÁZDIL, Rudolf *et al.*, 2018, «Documentary data and the study of past droughts: a global state of the art», *Climate of the Past*, 14: 1915-1960. <https://doi.org/10.5194/cp-14-1915-2018>
- BÜNTGEN, Ulf *et al.*, 2017, «New Tree-Ring Evidence from the Pyrenees Reveals Western Mediterranean Climate Variability since Medieval Times», *Journal of Climate*, 30/14: 5295-5318.
- CAMPBELL, Bruce M. S, 2016, *The Great Transition. Climate, Disease and Society in the Late-Medieval World*, Cambridge, University Printing House.
- CASTRO, Daniel, 2020, «High-resolution patterns of palaeoenvironmental changes during the Little Ice Age and the Medieval Climate Anomaly in the northwestern Iberian Peninsula», *Geoscience Frontiers*, 11: 1461-1475. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.05.015>
- CHALMETA GENDRÓN, Pedro, 2019, «Análisis económico: la actuación de al-Manşūr», *Anaquel de Estudios Árabes*, 30: 85-101. <https://doi.org/10.5209/ANQE.62379>
- COOK, Edward R. *et al.*, 2015, «Old World megadroughts and pluvials during the Common Era», *Science Advances*, 1/10: 1-9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500561>
- CORRAL LAFUENTE, José Luis, 1993, «Catástrofes naturales y transformaciones urbanas en la ciudad de Daroca en los siglos XV y XVI», *Aragón en la Edad Media*, 10-11: 189-210.
- CREUS, José *et al.*, 2007, «Los estudios de Paleoclimatología en España». En José María Cuadrat Prats, *Climatología española. Pasado, presente y futuro*. Zaragoza, PUZ: 250-262.
- CUADRAT PRATS, José María, 2012, «Reconstrucción de los episodios de sequía en el nordeste de España a partir de las ceremonias de rogativas», *Nimbus*, 29-30: 177-187.
- CUADRAT, José María *et al.*, 2002, «La sequía en Aragón a través de los registros históricos». En Luis Alberto Longares Aladrén y José Luis Peña Monné coords., *Aportaciones Geográficas en Memoria del Profesor L. Miguel Yetano Ruiz*. Zaragoza, Universidad: 123-131.
- DOMÍNGUEZ-CASTRO, Fernando *et al.*, 2008, «Reconstruction of drought episodes for central Spain from rogation ceremonies recorded at the Toledo Cathedral from 1506 to 1900: A methodological approach», *Global and Planetary Change*, 63: 230-242. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.06.002>

- DOMÍNGUEZ-CASTRO, Fernando *et al.*, 2012a, «Assessing extreme droughts in Spain during 1750–1850 from rogation ceremonies», *Climate of the Past*, 8: 705-722. <https://doi.org/10.5194/cp-8-705-2012>
- DOMÍNGUEZ-CASTRO, Fernando *et al.*, 2012b, «How useful could Arabic documentary sources be for reconstructing past climate?», *Weather*, 67/3: 76-82.
- DOMÍNGUEZ-CASTRO, Fernando *et al.*, 2014, «Climatic potential of Islamic chronicles in Iberia: Extreme droughts (ADad 711–1010)», *The Holocene*, 24/3: 370-374. <https://doi.org/10.1177/0959683613518591>
- DOMÍNGUEZ-CASTRO, Fernando y GARCÍA HERRERA, Ricardo., 2016, «Documentary sources to investigate multidecadal variability of droughts», *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 42/1: 13-27. <https://doi.org/10.18172/cig.2936>
- DORADO LIÑÁN, Isabel *et al.*, 2012, «Estimating 750 years of temperature variations and uncertainties in the Pyrenees by tree-ring reconstructions and climate simulations», *Climate of the Past*, 8: 919-933. <https://doi.org/10.5194/cp-8-919-2012>
- ESPER, Jan *et al.*, 2020, «High-Resolution Temperature Variability Reconstructed from Black Pine Tree Ring Densities in Southern Spain», *Atmosphere*, 11/748: 1-17. <https://doi.org/10.3390/atmos11070748>
- FAGAN, Brian, 2009a, *El gran calentamiento. Cómo influyó el cambio climático en el apogeo y caída de las civilizaciones*, Barcelona, Gedisa. (Edición original: 2008, New York, Basic Books).
- FAGAN, Brian, 2009b, *La Pequeña Edad de Hielo. Cómo el clima afectó a la historia de Europa (1300-1850)*, Barcelona, Gedisa. (Edición original: 2001, New York, Basic Books).
- FREY SÁNCHEZ, Antonio Vicente, 2016, «¿Fue la crisis política del Occidente musulmán del siglo XIII debida a un cambio climático? Una aproximación histórica al fin del Periodo Cálido Medieval», *En la España Medieval*, 39: 127-158. https://doi.org/10.5209/rev_ELEM.2016.v39.52336
- GAO, Chaochao, 2006, «The 1452 or 1453 A.D. Kuwae eruption signal derived from multiple ice core records: Greatest volcanic sulfate event of the past 700 years», *Journal Of Geophysical Research*, 111: 1-11. <https://doi.org/10.1029/2005JD006710>
- GARCÍA DE CORTÁZAR, José Ángel y SESMA MUÑOZ, José Ángel, 2008, *Manual de Historia Medieval*. Madrid, Alianza.
- GARCÍA-CONTRERAS RUIZ, Guillermo, 2018, «Feudalización y cambio ecológico en el sector oriental de la Extremadura castellana: poblamiento y paisaje en los territorios de Atienza, Sigüenza y Molina (siglos XI-XIII)». En Josep Torró y Enric Guinot Rodríguez eds., *Trigo y ovejas: el impacto de las conquistas en los paisajes andalusíes (siglos XI-XVI)*. Valencia, Publicacions Universitat de València: 51-76
- GARCÍA GONZÁLEZ, José Antonio, 2005, «El determinismo ambiental en dos autores clásicos: Hipócrates y Herodoto», *Baética*, 27: 307-330.

- GARCÍA HERRERO, Carmen, TORREBLANCA, M.^a Jesús, 1993, «San Miguel y la plaga de langosta (claves para la interpretación del voto taustano de 1421)», *Aragón en la Edad Media*: 10-11: 281-306.
- GÓMEZ DE VALENZUELA, Manuel, 2013, «Exorcismos y rogativas en la Diócesis de Jaca contra sequías, tempestades, nevadas y plagas (siglos XV a XVII)», *Aragonia sacra*, 22: 107-134.
- GUILLET, Sébastien *et al.*, 2017, «Climate response to the Samalas volcanic eruption in 1257 revealed by proxy records. Supplementary Information», *Nature Geoscience*, 2875: 1-45. <https://doi.org/10.1038/NGEO2875>
- GUILLET, Sébastien, 2017, «Climate response to the Samalas volcanic eruption in 1257 revealed by proxy records», *Nature Geoscience*, 2875: 1-7. <https://doi.org/10.1038/NGEO2875>
- HANAWALT, Barbara A., 1974, «Influences on the Pattern of Crime in England, 1300-1348», *The American Journal of Legal History*, 18/4: 281-297.
- HARPER, Kyle, 2017, *The fate of Rome. Climate, Disease, and the End of an Empire*, Oxford, Princeton University Press.
- HELAMA, Samuli *et al.*, 2009, «Dendroclimatic transfer functions revisited: Little Ice Age and Medieval Warm Period summer temperatures reconstructed using artificial neural networks and linear algorithms», *Annales Geophysicae*, 27: 1097-1111.
- HOFFMANN, Richard Charles, 2014, *An Environmental History of Medieval Europe*. Cambridge, University Printing House.
- IBÁÑEZ GONZÁLEZ, Emilio Javier, 1997, «Caracterización climática de Teruel en la Edad Media a partir de las "Crónicas de los Jueces"», *Studium: Revista de humanidades*, 3/I: 187-228.
- JIMÉNEZ RAYADO, Eduardo, 2015, «El agua imaginada. Rogativas y peticiones de lluvia en el Madrid medieval». En María Isabel del Val Valdivieso coord., *La percepción del agua en la Edad Media*. Alicante, Publicacions de la Universitat d'Alacant: 277-312.
- JORDAN, William Chester, 1996, *The Great Famine: northern Europe in the early fourteenth century*. New Jersey, Princeton University Press.
- JORDAN, William Chester, 2010, «The Great Famine: 1315–1322 Revisited». En Bruce Scott coord., *Ecologies and Economies in Medieval and Early Modern Europe: Studies in Environmental History for Richard C. Hoffmann*. Leiden, Brill: 45-62.
- KERSHAW, Ian, 1973, «The Great Famine and Agrarian Crisis in England 1315-1322», *Past & Present*, 59: 3-50.
- LABBÉ, Thomas, 2019a, «The Crisis of 1315–1322 in Bresse as Depicted in Manorial Rolls», en Martin Bauch y Gerrit Jasper Schenk coords., *The Crisis of the 14th Century*. Boston, De Gruyter: 130-152. <https://doi.org/10.1515/9783110660784-007>
- LABBÉ, Thomas, *et al.*, 2019b «The Longest Homogeneous Series of Grape Harvest Dates, Beaune 1354–2018, and its Significance for the Understanding of Past and Present Climate», *Climate of the Past*, 15/4: 1485-1501. <https://doi.org/10.5194/cp-15-1485-2019>

- LAMB, Hubert, 1982, *Climate, History, and the Modern World*. London, Taylor & Francis.
- LAVIGNE, Franck, 2013, «Source of the great A.D. 1257 mystery eruption unveiled, Samalas volcano, Rinjani Volcanic Complex, Indonesia», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110/42: 16742-16747. <https://doi.org/10.1073/pnas.1307520110>
- LE ROY LAUDURIE, Emmanuel, 1991, *Historia del clima desde el año mil*. México, FCE. (Ed. original: 1967, París, Flammarion).
- LEMAÎTRE, Henri, 1906, *Chronique et annales de Gilles le Muisit, abbé de Saint-Martin de Tournai (1272-1352)*. París, Librairie Renouard. <https://archive.org/details/chroniqueetannal00lemuuoft/page/88/mode/2up?q=1316> [Acceso el 15/6/2021].
- LJUNGQVIST, Fredrik Charpentier, SEIM, Andrea y HUHTAMAA Heli, 2021, «Climate and society in European history», *WIREs Clim Change*, 21: 1-28. <https://doi.org/10.1002/wcc.691>
- LLASAT, María del Carmen *et al.*, 2005, «Floods in Catalonia (NE Spain) since the 14th century. Climatological and meteorological aspects from historical documentary sources and old instrumental records», *Journal of Hydrology*, 313: 32-47. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.02.004>
- LÓPEZ MARTÍN, Fernando, CABRERA MILLET, Matilde y, CUADRAT PRATS, José María, 2007, *Atlas Climático de Aragón*. Zaragoza, Gobierno de Aragón.
- LÓPEZ RAJADEL, Fernando, 1994, *Crónica de los jueces de Teruel (1176-1532). Estudio crítico y edición*, Teruel, IET.
- LUCAS, Henry S., 1930, «The Great European Famine of 1315, 1316, and 1317», *Speculum*, 5/4: 343-377.
- MACCARTHY, Bartholomew y HENNESSEY, William, 1893, *The Annals of Ulster Vol.II*. Dublín, Her Majestys Stationery Office. <https://celt.ucc.ie//published/T100001B/index.html> [Acceso el 17/04/2021].
- MACKAY, Angus, 1981, «Climate and popular unrest in late medieval Castile». En Angus Mackay, *Society, economy and religion in late medieval Castile*. London, Variorum Reprints: 356-376.
- MANN, Michael *et al.*, 2009, «Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly», *American Association for the Advancement of Science*, 326/5957: 1256-1260.
- MANRIQUE, Emilio y FERNANDEZ-CANCIO, Ángel, 2000, «Extreme Climatic Events In Dendroclimatic Reconstructions From Spain», *Climatic Change*, 44: 123-138.
- MARUSEK, James, 2010, «A Chronological Listing of Early Weather Events», www.breadandbutter-science.com, [Acceso el 17/04/2021].
- MAUELSHAGEN, Franz, 2018, «Migration and Climate in World History». En Sam White, Christian Pfister y Franz Mauelshagen coords., *The Palgrave Handbook of Climate History*. London, Palgrave Macmillan: 413-444.

- MORENO, Ana *et al.*, 2012, «The Medieval Climate Anomaly in the Iberian Peninsula reconstructed from marine and lake records», *Quaternary Science Reviews*, 43: 16-32. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.04.007>
- NEWFIELD, Timothy, 2018, «The Climate Downturn of 536–50». En Sam White, Christian Pfister y Franz Mauelshagen coords., *The Palgrave Handbook of Climate History*. London, Palgrave Macmillan: 447-494.
- OPPENHEIMER, Clive, 2003, «Ice core and palaeoclimatic evidence for the timing and nature of the great mid-13th century volcanic eruption», *International Journal of Climatology*, 23: 417-426. <https://doi.org/10.1002/joc.891>
- PIRENNE, Henri, 1914, «The Stages in the Social History of Capitalism», *The American Historical Review*, 19/3: 494-515.
- RAMA, Eduard y BARRIENDOS VALLVE, Mariano, 2010, «Extreme Meteorological Events from documentary sources on old Aragon Kingdom, A.D. 1000-1500. Firsts results after a systematic approach to data availability», *Geophysical Research Abstracts*, 12: 1.
- REIXACH SALA, Albert, 2018, «La percepción de las inundaciones en la Cataluña nororiental entre los siglos XIV y XVII de las notas cronísticas a las autobiografías populares», *Revista de História da Sociedade e da cultura*, 18: 321-341. https://doi.org/10.14195/1645-2259_18_15
- RICHARDS, Mercedes, ROGERS, Michael y DONALD ST. PATRICK, Richards, 2009, «Long-term Variability in the Length of the Solar Cycle», *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 121/881: 797-809.
- RICO SINOBAS, Manuel, c.1850, *Fenómenos meteorológicos en la Península Ibérica desde el siglo IV hasta el XIX*. Archivo de la Real Academia de Medicina de Madrid, manuscritos, 23-4-15.
- RODRIGO ESTEVAN, María Luz, 1995, «'Escantar los nublos': sobre conjuros y prácticas supersticiosas (Daroca, 1400-1526)», *El Ruejo*, 1: 63-92.
- RODRIGO ESTEVAN, María Luz, 1997, «En honor de nuestro señor Dios e de toda la cort celestial. Fiestas y celebraciones religiosas en el siglo XV», *El Ruejo*, 3: 103-140.
- RODRIGO ESTEVAN, María Luz, 2000, *La ciudad de Daroca a fines de la Edad Media. Selección documental (1328-1526)*. Daroca-Zaragoza, IFC.
- ROHR, Christian, CAMENISCH, Chantal y PRIBYL, Kathleen, 2018, «European Middle Ages». En Sam White, Christian Pfister y Franz Mauelshagen coords., *The Palgrave Handbook of Climate History*. London, Palgrave Macmillan: 247-265.
- RUSSELL, Josiah C., 1966, «Effects of Pestilence and Plague, 1315-1385», *Comparative Studies in Society and History*, 8/4: 464-473.
- SAZ SÁNCHEZ, Miguel Ángel, 2003, *Temperaturas y precipitaciones en la mitad norte de España desde el siglo XV: estudio dendroclimático*. Zaragoza, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.

- SEIM, Andrea *et al.*, 2012, «Climate sensitivity of a millennium-long pine chronology from Albania», *Climate Research*, 51/3: 217-228. <https://doi.org/10.3354/cr01076>
- SLAVIN, Philip, 2014, «Market failure during the great famine in England and Wales (1315-1317)», *Past & Present*, 222: 9-49.
- SLAVIN, Philip, 2018, «The 1310s Event». En Sam White, Christian Pfister y Franz Mauelshagen coords., *The Palgrave Handbook of Climate History*. London, Palgrave Macmillan: 495-516.
- TEJEDOR VARGAS, Ernesto *et al.*, 2015, «Tree-ring-based drought reconstruction in the Iberian Range (east of Spain) since 1694», *International Journal of Biometeorology*, 60: 361–372. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1033-7>
- TROUET, Valérie *et al.*, 2009, «Persistent Positive North Atlantic Oscillation Mode Dominated the Medieval Climate Anomaly», *Science*, 324/5923: 78-80.

VI. ANEXOS

Anexo 1. Siglas y bases de datos

Siglas

DRE: *Dense rock equivalent* (equivalente de roca densa)

EME: *Extreme Meteorological Event* / Eventos Meteorológicos Extremos

GHDs: *Grape Harvest Dates* (Fechas de vendimia)

ITRDB: *International Tree Ring Data Bank*

LIA: *Little Ice Age* (Pequeña Edad de Hielo o PEH)

MWP: *Medieval Warm Period* (Óptimo Climático Medieval, OCM, también conocido como *Medieval Climate Anomaly* o MCA)

MXD: *Tree-ring Maximun Densities* (Densidad máxima de los anillos de los árboles)

NAO: *North Atlantic Oscillation* (Oscilación del Atlántico Norte)

OWDA: *Old World Drought Atlas*

PDSI: *Palmer Drought Severity Index*

TRW: *Tree-Ring Width* (Anchura de los anillos de los árboles)

Bases de datos on line

Atmospheric Circulation Reconstructions over the Earth <http://www.met-acre.org/>

Climates of Migration <http://www.environmentandsociety.org/mml/climates-migration>

Deutscher Wetterdienst https://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html

Euro-Climhist <https://www.echdb.unibe.ch/selection/series/en/>

Glaciers, Climate, and Society <https://glaciers.uoregon.edu/index.html>

Global Commodity Prices Database <http://www.gcpdb.info/>

Global Historical Climatology Network <https://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/ghcn-daily>

Historical Climatology (<https://www.historicalclimatology.com/resources.html>)

Institute for Ocean Technology Ice Database <http://www.icedata.ca/>

International Data Rescue <https://www.idare-portal.org/>

International Propluvia Rogation database <http://inpro.unizar.es/>

Japan Climate Data Project <http://jcdp.jp/index.html>

KNMI Climate Explorer <https://climexp.knmi.nl/start.cgi>

Medieval Warm Period 1000-1200 AD. <http://t1p.de/mwp>

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data> y <https://gis.ncdc.noaa.gov/maps/ncei/paleo?layers=0000000000000001>

NCAR Climate Data Guide <https://ncar.ucar.edu/>

NOAA Great Lakes Environmental Research Laboratory <http://ec.gc.ca/Error%20404.html>

Old Weather <https://www.oldweather.org/>

Reconstructed East Asian Climate Historical Encoded Series <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/23410>

Red Española de Reconstrucción Climática a Partir de Fuentes Documentales (RECLIDO) <http://stream-ucm.es/RECLIDO/es/home-es.htm>

Research Institute for Climate and Society enproyecto Old World Drought Atlas <http://iridl.ldeo.columbia.edu/expert/home/.jennie/.PDSI/.OWDA/.pdsi/index.html>

Smithsonian Volcanoes of the World https://volcano.si.edu/search_volcano.cfm

South Eastern Australia Recent Climate History <https://climatehistory.com.au/>

Tambora <https://www.tambora.org/>

The Sound Toll Registers <http://www.soundtoll.nl/index.php/en/over-het-project/sonttol-registers>

University of East Anglia Climatic Research Unit <https://sites.uea.ac.uk/cru/>

Anexo 2. Extractos de fuentes documentales

Texto 1. Fuentes documentales europeas que podrían estar relacionadas con la erupción volcán Samalas (Lavigne, 2013: 2).

Arras, Francia:

En cest an, fut le temps si doulz et si souef (chaud) que en tout l'hiver ne gela que deux jours : ou mois de janvier, trouvoit on des violettes et les fleurs de fraisiers, et estoient tous les pommiers tous blancs flouris.

París, Francia:

Et en l'autre année après, qui est en l'incarnation par M.CC. et LVI (1256) fist trop durement fort hyvier ou royaume de France et pluvieus esté dusqu'à la Nativité saint Jehan Baupiste (24 juin). Et en l'autre année après, fist merveilleusement chaut esté et chaut temps jusqu'à la Chandeleur; et puis après, fist merveilleusement grant froit jusqu'à la saint Marc (25 avril). Et en cèle année meismes, ot par toute la France grant chierté de pain, de vin et de toutes viandes.

Abadía de Saint Alban, Inglaterra:

Annus quoque iste, cronicarum infirmitatum genitivus vix occupatum permisit aliquatenus respirare. Non enim frigus vel serenitas vel gelu saltem aliquantulum stagnorum superficiem, prout consuevit, glaciale induravit, vel stiriam a stillicidiis coegit dependere; sed continuas inundationes pluviarum et nebularum usque ad Purificationem beatae Virginis aera inspissarunt.

Texto 2. Traducción al inglés del poema histórico *Babad Lombok* (Lavigne, 2013: 2).

274. Mount Rinjani avalanched and Mount Samalas collapsed, followed by large flows of debris accompanied by the noise coming from boulders. These flows destroyed (the seat of the kingdom) Pamatan. All houses were destroyed and swept away, floating on the sea, and many people died.

275. During seven days, big earthquakes shook the Earth, stranded in Leneng (Lenek), dragged by the boulder flows, People escaped and some of them climbed the hills.

276. Hiding in Jeringo (close to Mataram), all people moved with the rest of the king's family to several places: Samulia, Borok, Bandar, Pepumba Pasalun, Serowok, Piling, and Ranggal, Sembalun, Pajang, and Sapit.

277. At Nangan and Palemaron, big boulders rolled with soil, with pumices and sand, and granite sediments on the land, they evacuated to Brang Batun.

278. There were people moving to Pundung, Buak, Bakang, Tana Bea, Lembuak, Bebidas, some of them evacuated to Kembang Bumi, Kekrang, Pengadangan and Puka Puka hate-hate lungguh and also to Langko and Pejanggik.

279. Everybody took refuge together with the King, Lombok became very quiet, even seven days after the earthquakes occurred, and later they built their own houses.

Texto 3. (Frey, 2016: 136-138). Fragmentos recogidos por Frey Sánchez sobre el bienio de 1213-1214 que reflejan malas cosechas:

Anales Toledanos

En este ano [de 1213] fi elada en October, e en November, e Janero, e non lovio en Marcio, en Abril, ni en Mayo, ni en Junio, o nunca tan mal anno fue, o no cogiemos pa ninguno”

“Fasta el verano [de 1214] e murieron lo mas de las gientes; e comieron las bestias, e los perros e los gatos, e los mozos que podan furtar

Primera Crónica General

Esse anno [de 1213] (...) fallesçieron las viandas por tod el regno de Castiella que querien los amnes pan et avenlo muy mester et non falavan quien lo oviesse que ge lo diesse, et muriensse de fambre los omnes por las plaças et por las carreras (...) peor tanta era la mingua en el fructo de la tierra et ell corrompimineot dell aer, que aun en las aves et en las greyes de las oveias et en los bustos de las vacas que se fazen por engendramiento, dize la estoria que en aquell anno nin se enpreñaron nin parieron por mingua de çevada et de paia et de pastos.

Et asso cresçio allí la fambre, que la hueste con premia de la mingua de la ujianda ovieron a comer carne en los días que non deveien nin lo solien fazer segund nuestra ley (...) et el rey don Alffonso de Castiella, allongandose la cerca de Baesça – y non acorrien viandas de la tierra – aquexada de la famber ya la hueste et desfalleciendo ya todos, torno por consseio de los suyos las treguas de cabo a los moros, et venosse entonces para Calatrava con su hueste. Et los freyles, et los otros omnes que en Calatravan moravan, estaban lazrados de fambre et de mezquindad de mala guisa.

Texto 4. Crónica y anales de Gilles le Muisit, abad de Saint Martin de Tournai (1271-1352). Texto original en latín (Lemaître, 1906: 89) y traducido al castellano (García de Cortázar, 2008: 319).

Eodem anno, fuit[tam] magnus defectus vini in Franchia quod in Tornaco non bibebantiir nisi vina Sancti Johannis —Anno etiam illo post recessum dicti régis Ludovici, pro inundatione pluvie et, quia bona terre male recepta fuerunt et in multis locis devastata, incepit karistia bladi et salis, in tantum quod raseria salis vi libras vendebatur; et de die in diem karistia augebatur. —Anno millesimo trecentesimo sexto decimo, circa diem maij, creverat penuria et karistia; et fuit in nostro climate aer intemperatus et maie ordinatus; et raseria bladi vendebatur lx solidis, et raseria avene xxvii solidis, et raseria pisorum xlv solidis, et vix pro pecunia poterant repperiri. Et cepit populus in multis locis parum de pane comedere, quia non habebant, et multi fabas, ordea, vecias et grana, quecumque habere poterant, miscebant, sicut poterant, de hoc panem faciendo et comedendo. Et propter intemperiem aeris et famem validam ceperunt corpora debilitari et infirmitates nasci, ex quo secuta est mortalitas talis ac tanta quod ab aliquo tune vivente non fuerat visum aut auditum hujus simile. Et testificor quod in Tornaco, tam viri quam mulieres, de potentibus, de mediis et de mediocribus, senibus et juvenibus, divitibus et pauperibus, tanta copia moriebatur cotidie quod aer erat quasi totus corruptus et quod presbyteri parrochiales sepe qua parte verti nesciebant. Et tanta copia pauperum mendicantium in vicis moriebantur

super fimis et ubique, quod per consiliarios civitatis fuit ordinatum et commissum certis personis ut [fol. 89 v'] corpora pauperum sic morientium portarent citra Scaldam, in Valle de Vigneia et aliis locis, et ultra Scaldam in loco vocato Folaïs, ibique eos sepelirent; et pro qualibet persona habebant taxatum salarium

Aquel mismo año (1316), hubo una penuria tal de vino en Francia que no se bebía en Tournai más que vinos de Saint Jean. Este año también, después de la desaparición del rey Luis, debido a las lluvias torrenciales y al hecho que los bienes de la tierra fueron recolectados en malas condiciones y destruidos en muchos lugares, se produjo una escasez de trigo y de sal tal que la «rasería» de sal se vendía a 6 libras, y la carestía aumentaba día a día. En el año 1316, en el mes de mayo, la penuria y carestía había aumentado y hubo en nuestras regiones intemperies y desórdenes atmosféricos; la «rasería» de trigo se vendía a 60 sueldos, la de avena a 27 sueldos, la de guisantes a 45 sueldos y todavía apenas se podía obtener por dinero. Y el pueblo comenzó en muchos lugares a comer poco pan, porque no había y muchos mezclaban como podían las habas, cebada, arbejas y todos los granos que conseguían, y hacían con todo un pan que luego comían. A causa de las intemperies y del hambre tan atroz, los cuerpos comenzaban a debilitarse y las enfermedades a desarrollarse y resultó de ello una mortandad tan fuerte que ningún ser entonces vivo había visto jamás nada parecido... Yo certifico que en Tournai morían cada día tantas personas, hombre y mujeres, pertenecientes a las clases dirigentes, medias y pobres que el aire estaba por así decirlo completamente corrompido y que los sacerdotes de las parroquias no sabían a menudo hacia qué lugar dirigirse. Pobres mendigos morían en gran número en las calles, sobre los estercoleros y por todas partes, tantos que los consejeros de la ciudad dieron la orden y confiaron a ciertas personas el cuidado de llevar los cuerpos para enterrarlos a este lado del Escalda... y por cada persona enterrada les entregaban una cantidad determinada.

Texto 5. Canciones checas contra la sequía (Brázdil, 2018: 1920). Traducción al inglés de las originales (Klíč od dešťe aneb Nová píseň v čase sucha (*La llave de la lluvia o una nueva canción para un tiempo de sequía*))

*In this year of grace one thousand
And at the same time six hundred
And seventy-eight
On the Day of Saint Wenceslas
Honour and glory be to God
Water is given to us from the sky.
At the intercession of the Mother of God
[Crop] Yields gladly increase
Little rains serve well.
Through heaven's Majesty
A little rain fell in quietness
Aside from all human concerns.*

Anexo 3. Tablas

Tabla 1. Años y menciones directas o indirectas a eventos climáticos reflejados en la bibliografía consultada.

Año	Lugar	Fenómeno	Observaciones	Referencia
1203-04	Península Ibérica	Sequía y mucho calor	Daños en los frutos que provocaron hambrunas y muertes en toda Europa occidental	Marusek, 2010: 75
1207-08	Teruel y aldeas	Plaga de langosta	Producida por sequía	Ibáñez, 1997: 188
1213-14	Teruel y aldeas	Hambruna y carestías	Cita reiterada en la documentación del Archivo Histórico de Teruel de que <i>en este año no luzio el sol por tiempo y espacio de un mes</i>	Ibáñez, 1997: 188
1213-15	Castilla	Sequía y frío, hambruna	Años de 1213-1214 coincidencia con la batalla de Navas de Tolosa, fallido cerco de Baeza y hambre en castilla y al-Ándalus	Frey, 2016: 143-144
1217	Castilla y León	Intensas lluvias		Frey, 2016: 143-144
1224-25	Inglaterra	Malas cosechas	Años de 1224-1228. Coincidencia con sublevaciones en al-Ándalus	Frey, 2016: 143-144
1224-26	Sacro Imperio	Carestía	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1226-27	Inglaterra	Malas cosechas	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1224-26	Aragón	Carestía	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1227-28	Italia	Carestía	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1233	Europa	Año muy húmedo	Años de 1231-1235. Coincidencia con despoblamiento del Magreb por una gran peste y al hambre, además de insurrecciones en Magreb y al-Ándalus	Frey, 2016: 143-144
1233-34	Castilla y León	Heladas	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1233-34	Inglaterra	Carestía	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1233-34	Europa	Año muy frío. Hielo en Venecia.	<i>Ídem.</i> El Mediterráneo se heló en Venecia	Frey, 2016: 143-145
1233-34	Castilla y León	Heladas	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1235	Al-Ándalus	Carestía en Córdoba	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1236	Inglaterra	Invierno lluvioso y verano seco	Año de 1237-1239. Coincidencia con carestía y	Frey, 2016: 143-144

			peste en Magreb y al Ándalus pérdidas territoriales (Valencia) y en 1238 atomización del territorio)	
1238	Inglaterra	Verano muy seco seguido de inundaciones	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1243	Italia	Carestía		Frey, 2016: 143-144:
1245-49	Sacro Imperio	Carestía		Frey, 2016: 143-144
1248	Inglaterra	Temperaturas moderadas	Años 1243-49, posible ciclo de transición entre dos periodos extremos	Frey, 2016: 143-144
1253-54	Teruel y aldeas	Nieves e inundaciones	<i>Grandes nieves y grandes aguadachos</i> (inundaciones)	Ibáñez, 1997: 188
1256	Medina	Erupción volcánica	Referencia a una erupción que duró 52 días cerca de Medina.	Frey, 2016: 143-144
1256	Liguria	Carestía		Frey, 2016: 143-144
1256	Toscana	Carestía		Frey, 2016: 143-144
1256	Inglaterra	Fuertes lluvias y pérdida de cosechas	Años 1256-1266. Coincidencia con gran carestía y sublevación mudéjar	Frey, 2016: 143-144
1257-59	Inglaterra	Carestía	<i>Ídem.</i> Ausencia de grano provocado por la mala cosecha del año anterior y presencia de epidemias	Frey, 2016: 143-144
1257-59	Nápoles	Carestía	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1258	Castilla y León	Muy mal año	<i>Ídem.</i> Hambre desde 1256	Frey, 2016: 143-144
1261	Zaragoza	Riada	Destrucción de la Alcántara. Derecho al Cabildo de la Seo, bajo la obligación de labrarla en cal y piedra dentro de veinte años, para evitar los daños y muertes que resultaban de las crecidas.	Blasco, 1959: 4
1261	Teruel y aldeas	Gran nevada	Producida en marzo	Ibáñez, 1997: 188
1262-63	Castilla y León	Hambre desde 1256	Años 1256-1266. Coincidencia con Gran carestía y sublevación mudéjar.	Frey, 2016: 143-144
1267-68	Castilla y León	Carestía	<i>Ídem.</i>	Frey, 2016: 143-144
1269-72	Liguria, Nápoles y Sicilia	Carestía		Frey, 2016: 143-144
1270-72	Sacro Imperio Romano Germánico	Carestía		Frey, 2016: 143-144
1275	Madrid	Sequía	Primera rogativa recogida en el código de Juan Diácono. Se produce en primavera una	Jiménez, 2015: 290

			procesión de los restos de San Isidro para poner fin a la sequía	
1275-78	Italia central	Carestía		Frey, 2016: 143-144
1297	Zaragoza	Riada	Llegó el agua hasta cerca de Castillo, destruyó la Alcántara o puente de barcas no ha mucho construido. Favoreció la construcción del puente de piedra	Blasco, 1959: 5
1313-15	Teruel y aldeas	Grandes lluvias	<i>Verano podrido</i>	Ibáñez, 1997: 189
1316	Teruel y aldeas	Buen tiempo	<i>Fertil y abundoso</i> . Fin del periodo húmedo más grave de 1313-1315	Ibáñez, 1997: 189
1320-21	Teruel y aldeas	Grandes lluvias	<i>Grandes diluvios de aguas et piedras</i>	Ibáñez, 1997: 189
1321	Teruel y aldeas	Sequía y riadas	<i>Propter aquarum penuria et temporum sterilitatem Propter siccitatem et propter grandis tempestates</i> Destrucción del Puente del Vado sobre el Alfambra	Ibáñez, 1997: 189
1328	Valencia	Riada del Turia	Destrucción de los puentes y parte de las murallas	Mackay, 1981: 364
1331	Aragón y Provenza	Riadas	Invierno templado y lluvioso en Francia	Marusek, 2010: 103
1332	Teruel y aldeas	Tormenta eléctrica	Día de Santa Lucía (13 de diciembre). <i>Un trueno grant et señalado espanto</i>	Ibáñez, 1997: 189
1338-39	Teruel y aldeas	Tormentas eléctricas		Ibáñez, 1997: 189
1340-41	Teruel y aldeas	Fuertes lluvias	Destrucción de azudes	Ibáñez, 1997: 190
1346	Madrid	Sequía	Referencias a san Isidro en rogativas <i>pro pluvia</i>	Jiménez, 2015: 292
1348-49	Valencia	Lluvia de sangre	Precipitación fangosa que coincidió con la Peste Negra, la Guerra civil de Pedro IV contra la Unión. La lluvia de barro/sangre se produce por el contacto de masas de aire con polvo en suspensión del desierto con un capas frías de la atmosfera	Ibáñez, 1997: 190
1355-56	Teruel y aldeas	Malas cosechas	Encarecimiento de los precios del mercado. Pan <i>muy caro</i> , a diez ss la fanega, ordio 7 ss., vino 3 ss por cantaro según CJT p. 168	Ibáñez, 1997: 190
1357-58	Teruel y aldeas	Plaga de langosta	<i>Vino gran multitud de langosta et estruyo as panes a muchos lugares et corio por toda la tierra</i>	Ibáñez, 1997: 190

1358	Valencia	Riada del Turia	En agosto, después de una sequía prolongada, la riada destruyó 1000 casas	Mackay, 1981: 364
1358	Murcia	Plaga de langosta	Producida por sequía	Mackay, 1981: 365
1359	Teruel y aldeas	Sequía y plaga de langosta	<i>Et en esti año vino en Aragon mucha langosta et brugos de Castiella</i>	López, 1994: 168-170
1364	Teruel y aldeas	Carestía	Pan a 10 ss. la fanega de trigo, 16 jaqueses la lobra de aceite, libra de miel a 12 dineros, una gallina 5 ss., par de huevos 4 dineros, cantaro de vino 8 ss, fanega de sal 16 dueldos.	López, 1994: 182
1366	Gerona	Riada	El 26 o 27 de diciembre se desbordaron los ríos Ter y Oñar a su paso por Gerona	Reixach, 2018: 323
1368	Teruel y aldeas	Nieves y hielos	<i>En esti año fueron echadas grandes nieves et muy grandes yelos</i>	López, 1994: 188
1370	Gerona	Riada	El 22 de marzo se desborda el Ter y Oñar a su paso por Gerona	Reixach, 2018: 323
1373-74	Teruel y aldeas	Invierno anormalmente frío	Carestía	Ibáñez, 1997: 191
1373	Teruel y aldeas	Carestía	El pan estaba a 12 sueldos la fanega; en Valencia costaba 25.	López, 1994: 196
1374	Teruel y aldeas	Carestía	La fanega de pan valía 30 sueldos	López, 1994: 1378
1374	Teruel y aldeas	Sequía		López, 1994: 198
1375-76	Teruel y aldeas	Sequía	Altos precios por la sequía. Según (López, 1994: 201) la fanega de pan estaba a 30 sueldos, la de centeno a 25, la de ordio a 15, la de avena a 12 y la de mijo a 20. Guerra de los Dos Pedros. Epizootia en aves de corral	Ibáñez, 1997: 191
1377	Gerona	Riada	Finales marzo o inicios abril se desborda el Ter y el Oñar a su paso por Gerona	Reixach, 2018: 323)
1377-78	Teruel y aldeas	Sequía y riadas	En el inicio del año hay sequía, pero las lluvias de primavera proporcionaron una buena cosecha, pese a una gran granizada. <i>(...) tan grande fue la mercet y misericordia de nuestro señor Dios (...) en las tierras yermas (...) dionos una tan grande y abundosa agua que</i>	Ibáñez, 1997: 193

			<i>se reparo todo el mal año</i> (López, 1994: 204-206) <i>El jueves 23 de abril de 1377 hubo un pedrisco tan grande como garvanços</i> (López, 1994: 202)	
1380	Gerona	Riada	El 26 de febrero se desborda el Oñar a su paso por Gerona	Reixach, 2018: 323
1380	Gerona	Riada	El 7 de marzo el río Onyar se desborda a su paso por Gerona. Daña 2 monasterios y la muralla, destruye una puerta de la ciudad y causa 3 muertos calle Argenteria	Barriendos, 2014: 4811
1380	Zaragoza	Riada	El río cambia su curso y crea Balsas de Ebro viejo siendo un foco de insalubridad	Blasco, 1959: 4
1384-85	Teruel y aldeas	Nevada y granizada	La nevada se produjo a partir del 14 de abril. <i>El 16 de abril hubo grandes nieves que mataron a mucho ganado mayor y menor por toda la serranía</i> (CJT, p. 213). <i>El pedrisco se produjo en todo el término de Teruel</i> (CJT, p. 21)	Ibáñez, 1997: 193
1387	Teruel y aldeas	Grandes nieves y hielos	Se quemaron las viñas, cepas y árboles.	López, 1994: 214
1389	Barcelona	Riada	La riada rápida o <i>flash flood</i> del 5 de septiembre de 1389 derribó algunos edificios y el monasterio de San Pedro fue parcialmente destruido. Además, los molinos de agua no funcionaron durante 2 semanas. La destrucción de acequias afectó a la producción de alimentos como la harina. También hubo daños graves en viñedos y frutales	Barrera, 2005: 514-516
1392	Castilla	Mala cosecha de vino	Posible consecuencia de un exceso de humedad y ausencia de calor	Mackay, 1981: 362
1394	Castilla	Granizo	Daños registrados en <i>lechas</i>	Mackay, 1981: 363)
1395		Nieve	Las nevadas duraron 7 semanas, impidiendo que el ganado pudiera pacer. Hay menciones a <i>mortandades</i> , posiblemente relacionadas con un rebrote de peste.	López, 1994: 219
1398	Castilla	Granizo	Daños registrados en <i>lechas</i>	Mackay, 1981: 363

1402	Teruel y aldeas	Carestía puntual	La fanega de trigo costaba 13 sueldos, después bajó a 5. La de centeno costaba 10 y luego bajó a 6.	López, 1994: 224-225
1402-03	Castilla	Riada		Benito, 2003: 186
1403	Teruel	Nieves Carestía puntual	<i>Fueron grandes nieves por toda la serranía que murieron ganados mayores y menudos</i> La fanega de trigo costaba 13 sueldos, luego bajó a 5. El centeno se puso a 10 sueldos y luego a 6.	López, 1994: 224-225.
1403	Besalú (Gerona)	Riada	26 de julio Desbordamiento del Fluvà	Reixach, 2018: 323
1404	Teruel y aldeas	Fin de carestía	El cántaro de vino bajó a 10 dineros	Falta página de la CJT
1406	Azuara	Granizo		Allué (tesis en curso)
1406	Teruel y aldeas	Nieves	En abril se produjeron grandes nevadas	López, 1994: 226
1407	Murcia	Plaga de langosta	Producida por sequía	Mackay, 1981: 365)
1411	Gerona	Riada	Desbordamiento del Oñar en Riudellots de la Selva, Vilobí y Sant Dalmai	Reixach, 2018: 323
1411-13	Castilla	Plagas y hambrunas	Alvar García explica estos desastres mediante los pecados de la gente. Son criticados principalmente aquellos que con su modo de vida intentan ocupar un estrato social que no les corresponde, incurriendo en la ira de Dios. Favorecieron la popularidad antisemita de Vicente Ferrer	Mackay, 1981: 368-372
1413	Castilla	Mala cosecha de grano	Sequía y pestilencia en este año dieron lugar a rogativas	Mackay, 1981: 360-367
1413	Gerona	Riada	En noviembre	Reixach, 2018: 323
1413	Teruel y aldeas	Sequía Carestía	Carestía provocada por sequía y luego por lluvias torrenciales en octubre. <i>En este año fue caro el pan</i> (López, 1994: 232)	Ibáñez, 1997: 194
1414	Teruel y aldeas	Carestía Hambrunas	La fanega de trigo costaba 16 sueldos y después bajó a 4 u medio. <i>En esti año vinieron muchas jentes a morar en Teruel por la fambre.</i>	López, 1994: 232
1414	Azuara, Anento, Báguena, Bañón, Caminreal,	Granizo		Allué (tesis en curso)

	Lanzuela, Lechago, Nueros, Singra, Torrecilla del Rebollar, Torrijo del Campo, Villafranca del Campo, Vistabella			
1415	Almohaja, Badules, Báguena, Castillejo, Herrera de los Navarros, Lagueruela, Lanzuela, Lechón, Mercadal, Moyuela, Romanos, Santa Cruz de Nogueras, Torralbilla, Villahermosa del Campo y El Villar de los Navarros	Granizo		Allué (tesis en curso)
1416-17	Teruel y aldeas	Sequía	Se secaron las viñas	Ibáñez, 1997: 194
1416-17	Teruel y aldeas	Nieve	<i>Gran nieve por toda la tierra</i>	López, 1994: 233
1416	El Villar de los Navarros y Peracense	Granizo		Allué (tesis en curso)
1417	Langa del Castillo	Riada		Allué (tesis en curso)
1418-19	Teruel y aldeas	Viento	<i>Fuerte vendabal. Fizo grant viento que quebro muchos arboles et otras cosas</i> (CJT, p. 234)	Ibáñez, 1997: 194
1421	Gerona	Riada	Entre el 8 y 13 de octubre Desbordamiento de Ter y Oñar en Gerona y de la Muga y el Fluvià en el Ampurdán	Reixach, 2018: 323)
1421	Lechago	Granizo		Allué (tesis en curso)
1422	Calamocha, Cervera del Rincón, El Poyo del Cid, Fuentes Claras, Olalla, Orcajo, san Martín del Río y Valdehorna	Granizo		Allué (tesis en curso)
1423	Azuara, Castejón de Tornos, Manchones, Murero, Orcajo y Valdehorna	Granizo	En este año, además, hay múltiples menciones a grandes mortandades	Allué (tesis en curso)
1423	Murcia	Riada		Mackay, 1981: 364

1424	Orcajo.	Granizo		Allué (tesis en curso)
1425	Orcajo.	Granizo		Allué (tesis en curso)
1424	Murcia	Riada	Destrucción de parte de las murallas y 600 casas	Mackay, 1981: 364
1425	Gerona	Riada	En octubre desbordamiento del Ter en Gerona	Reixach, 2018: 323
1426	Castilla	Granizo	Daños registrados en <i>lechas</i>	Mackay, 1981: 363
1426	Madrid	Sequía	Referencias a san Isidro en rogativas <i>pro pluvia</i>	Jiménez, 2015: 292
1426	Teruel y aldeas	Rosada (escarcha)	Rosada el 19 de junio (cuatro días antes de San Juan)	López, 1994: 236
1427	Báguena	Granizo y <i>aguaduchos</i> (inundaciones)		Allué (tesis en curso)
1427	San Martín del Río	Aguaduchos y riadas		Allué (tesis en curso)
1427	Murero	Lluvias y granizo		Allué (tesis en curso)
1427	Vistabella	Riada	El caudal del río provocó tanto daño en el término que muchos vecinos se fueron del pueblo	Allué (tesis en curso)
1427	Langa del Castillo y Olalla	Granizo	En Langa del Castillo el granizo también ha dañado las cosechas en los últimos años	Allué (tesis en curso)
1428	Singra y Villafranca del Campo	<i>Aguaduchos</i> (inundaciones)	Las inundaciones afectan a las mejores tierras	Allué (tesis en curso)
1428	Burbáguena, Orcajo, Bea, Vistabella y Navarrete del Río	Granizo		Allué (tesis en curso)
1428	Langa del Castillo.	Mala cosecha		Allué (tesis en curso)
1431-32	Castilla	Grandes lluvias		Mackay, 1981: 366
1431	Herrera de los Navarros.	Granizo	Los frutos se perdieron	Allué (tesis en curso)
1432	Lanzuela	Granizo		Allué (tesis en curso)
1432	Villafranca del Campo	Sequía		Allué (tesis en curso)
1433-34	Gerona	Riada	Desbordamiento del Ter en Gerona a inicios del año 34 (o finales del 33)	Reixach, 2018: 323
1433	Castilla	Grandes nevadas		Mackay, 1981: 366
1434	Castilla	Riada		Benito, 2003: 186

1434	Teruel y aldeas	Inundación	Inundaciones en abril causadas por el gran caudal del Guadalaviar o Turia. <i>A finales de abril hubo una riada tan grande que se llevó por delante los azudes y tapias de las huertas</i> (CJT, p. 240-241)	Ibáñez, 1997: 194
1434	Castejón de Tornos	Lluvias	Pérdida de cosechas	Allué (tesis en curso)
1434	Cosuenda, El Colladico, El Villar de los Navarros, Mainar, Orcajo, Romanos, Used, Valdehorna, Villahermosa del Campo y Villarroya del Campo	Granizo		Allué (tesis en curso)
1434-35	Castilla	Lluvias y nevadas generalizadas		Mackay, 1981: 360
1435	Báguena, Burbáguena, Manchones, Murero y San Martín del Río	<i>Aguaduchos</i> (inundaciones)	Causan daños en la vega y en las cosechas	Allué (tesis en curso)
1435	Val de San Martín y Villanueva de Jiloca	Granizo y <i>aguaduchos</i> (inundaciones)	Daños en las cosechas	Allué (tesis en curso)
1435	Azuara, Badules, Cuencabuena, Gallocanta, Langa del Castillo, Nogueras, Villadoz y Villarreal de Huerva	Granizo		Allué (tesis en curso)
1435	Castejón de Tornos	Mala cosecha		Allué (tesis en curso)
1435	Castilla	Mala cosecha de grano		Mackay, 1981: 360
1436	Báguena	<i>Aguaduchos</i> (inundaciones)		Allué (tesis en curso)
1436	Burbáguena	Granizo e inundaciones		Allué (tesis en curso)
1436	Badules Castejón de Tornos y Torralba de los Sisonos	Granizo		Allué (tesis en curso)
1437	Singra	Sequía		Allué (tesis en curso)
1437	Castilla	Lluvias y nevadas generalizadas		Mackay, 1981: 366
1438	Castilla	Granizo	Daños registrados en <i>lechas</i>	Mackay, 1981: 363)
1438	Murcia	Plaga de langosta	Las Actas de Murcia registran el recurso a remedios mágico-	Mackay, 1981: 366

			religiosos en febrero y marzo para ponerle fin	
1438	Bañón	Granizo		Allué (tesis en curso)
1438	Singra	Sequía		Allué (tesis en curso)
1439	Zaragoza	Plaga de langosta	Producida por sequía	Gómez, 2013: 125
1439	Vistabella	Lluvias abundantes y granizo		Allué (tesis en curso)
1439	Ruebielos de la Cérida, Singra, Bañón Singra, y Val de San Martín	Sequía		Allué (tesis en curso)
1439	Castilla	Granizo	Daños registrados en <i>lechas</i>	Mackay, 1981: 363
1440	Castilla	Mala cosecha de grano		Mackay, 1981: 362
1440	Murcia	Plaga de langosta	Actas de Murcia revelan los remedios mágico-religiosos en abril para ponerle fin	Mackay, 1981: 365
1440	Singra	Sequía		Allué (tesis en curso)
1441	Barrachina	Granizo y <i>aguaduchos</i> (inundaciones)		Allué (tesis en curso)
1441	Val de San Martín y Piedrahita	Granizo		Allué (tesis en curso)
1441	Villar del Salz, Singra y Vistabella	Sequía	En Singra <i>grandissima sequia de cinco annos continuos</i>	Allué (tesis en curso)
1442	Alpeñés	Granizo		Allué (tesis en curso)
1442	Castilla	Granizo	Daños registrados en <i>lechas</i>	Mackay, 1981: 363
1443	Castilla	Mala cosecha de grano		Mackay, 1981: 362
1444	Castilla Burgos	Excesivas lluvias otoñales	Inundación de los campos y rogativa para que dejase de llover	Mackay, 1981: 363
1445	Zaragoza	Riada	Uno de los arcos del puente de piedra se desplomó	Blasco, 1959: 5
1445	Gerona	Riada	El 10 de octubre Desbordamiento del Ter, el Oñar, el Güell y el Galligants en Gerona	Reixach, 2018: 323
1446	Castilla	Granizo	Daños registrados en <i>lechas</i>	Mackay, 1981: 363
1451	Castilla	Mala cosecha de grano		Mackay, 1981: 362
1452	Castilla	Mala cosecha de grano		Mackay, 1981: 362
1452	Murcia	Riadas	una gran riada destruyó los almacenes de grano de algunos barrios de la ciudad	Mackay, 1981: 364

1452-53	Península Ibérica	Erupción volcánica	Posible erupción no registrada en las fuentes escritas, pero sí en los testigos de hielo.	Esper, 2020: 11
1453	Murcia	Riadas		Mackay, 1981: 364
1453	Teruel y aldeas	Sequía	Se seca la fuente de Cella	Ibáñez, 1997: 212
1455-57	Teruel y aldeas	Sequía	La fuente de Cella se seca y las acequias no llevan agua	Ibáñez, 1997: 215
1457	Península ibérica	Nieve	<i>Nieves en toda Espanya y duro casi un mes, perecio mucho bestiar, grueso y menudo</i>	López, 1994: 265
1458	Zaragoza	Plaga de langosta	Producida por sequía	Gómez, 2013: 125
1459	Zaragoza	Plaga de langosta	En enero de 1459 la ciudad declaró por voto la festividad de San Gregorio papa, abogado contra la langosta	Gómez, 2013: 125
1459	Murcia	Plaga de langosta	Producida por sequía	Mackay, 1981: 365
1461	Teruel y aldeas	Riada	Agosto	Ibáñez, 1997: 204
1461	Teruel y aldeas	Riada	Alfambra	Ibáñez, 1997: 211
1462-63	Sevilla	Riadas	Crónica del Garci Sánchez. Tumultos populares por las riadas en enero y el alto precio del grano	Mackay, 1981: 372
1463	Murcia	Plaga de langosta	Actas de Murcia revelan los remedios mágico-religiosos en otoño	Mackay, 1981: 365
1463	Teruel y aldeas	Carestía	La fanega de pan costaba diez sueldos	López, 1994: 274
1463-64	Teruel y aldeas	Sequía	Pérdida de la cosecha	Ibáñez, 1997: 212
1464	Murcia	Plaga de langosta	Las Actas de Murcia revelan los remedios mágico-religiosos en verano para ponerle fin	Mackay, 1981: 365
1465	Murcia	Riadas	Una de las acequias tuvo que ser destruida por la riada, la cual afectó también a la huerta	Mackay, 1981: 364
1473	Castilla	Mala cosecha de grano		Mackay, 1981: 360
1473	Teruel y aldeas	Sequía	Perdida de la cosecha de trigo	Ibáñez, 1997: 213
1474	Teruel y aldeas	Helada		Ibáñez, 1997: 200
1476	Gerona	Riada	Desbordamiento del Ter en Gerona	Reixach, 2018: 323
1476	Teruel y aldeas	Riada	Las riadas de Junio afectaron a toda la península en general	Ibáñez, 1997: 205

			por la posible afección de gota fría	
1480	Teruel y aldeas	Riada	18 de mayo. Rio Mijares a su paso por Cedrillas	Ibáñez, 1997: 209
1480	Teruel y aldeas	Riada	Rio Alfambra. El 18 de mayo	Ibáñez, 1997: 211
1480	Teruel y aldeas	Riada	12 y 15 de diciembre por las nieves de la sierra de Albarracín	Ibáñez, 1997: 210
1480-81	Teruel y aldeas	Riada	Causada por el deshielo de las nieves	Ibáñez, 1997: 205
1481	Teruel y aldeas	Helada		Ibáñez, 1997: 200
1481	Teruel y aldeas	Nevada	Temporal de nieve entre el 29 de abril y el 2 de mayo	Ibáñez, 1997: 205
1482	Teruel y aldeas	Granizo e inundaciones	El 4 de agosto junto a desbordamiento del rio que destruye propiedades	Ibáñez, 1997: 208
1482	Teruel y aldeas	Riada	4 de agosto	Ibáñez, 1997: 204
1482	Teruel y aldeas	Sequía		Ibáñez, 1997: 213
1483	Teruel y aldeas	Riada	18 y 19 de julio	Ibáñez, 1997: 204
1483	Teruel y aldeas	Sequía	Ola de calor	Ibáñez, 1997: 199
1483	Teruel y aldeas	Riada	Alfambra	Ibáñez, 1997: 211
1484	Teruel y aldeas	Riada	Afectó al rio Guadalaviar por las nieves de Albarracín	Ibáñez, 1997: 212
1484	Teruel y aldeas	Sequía	No llueve en todo el verano	Ibáñez, 1997: 213
1485	Castilla	Riada	La riada dobló el caudal del rio Tajo sobrepasando los 1000 m3/s en Toledo	Benito, 2003: 186
1485	Teruel y aldeas	Helada		Ibáñez, 1997: 200
1485	Teruel y aldeas	Nevada	Crecida del rio que <i>venia grande por las nieves de la sierra</i>	Ibáñez, 1997: 205
1485	Teruel y aldeas	Riada por deshielo	El 12 de diciembre del rio Guadalaviar	Ibáñez, 1997: 205
1486	Teruel y aldeas	Riada	Posiblemente del rio Turia	Ibáñez, 1997: 211
1488	Castilla	Riada		Benito, 2003: 186
1490	Gerona	Riada	Desbordamiento del Ter en Gerona	Reixach, 2018: 323
1493	Teruel y aldeas	Sequía	Punto álgido de una serie de años secos en toda la Península Ibérica	Ibáñez, 1997: 215
1493	Teruel y aldeas	Riada		Ibáñez, 1997: 209
1493-94	Teruel y aldeas	Sequía	La fuente de Cella se seca y las acequias no llevan agua	Ibáñez, 1997: 215)

1493-94	Monegros	Plaga de langosta	El notario Juan de Longares notifica sendas entradas de 1493 y 1494 en que informa de la celebración el 18 de junio de la fiesta de San Gregorio con procesiones para ponerle fin	Gómez, 2013: 125
1494	Teruel y aldeas	Riada		Ibáñez, 1997: 209
1494	Teruel y aldeas	Riada	Alfambra. 23 de julio. Destrucción de 3 puentes	Ibáñez, 1997: 211
1496	Teruel y aldeas	Nevada	Marzo	Ibáñez, 1997: 205

Tabla 2. Crónicas andalusíes empleadas como fuente de información sobre el clima (Domínguez, 2014: 371-372).

Nombre	Autor	Cronología	Observaciones
<i>Ajbār Maʿmūa</i>	Anónimo	711-961	Solo hay registros meteorológicos del s. VIII
<i>Nafh at-tib min gusn Al-Andalus ar-ratib</i>	Ahmad ibn Muhammad al-Maqqari (1578-1632)		En su segunda parte trata específicamente la vida del visir Ibn al-Jatib (1313-1374), que se sitúa en un periodo de gran interés climático.
<i>Anales de Córdoba</i>	Anónimo	711-1008	Compilación de Antonio Arjona Castro de las noticias sobre Córdoba
<i>Historia de al-Ándalus</i>	Ibn Idari	s. XIII-XIV	
<i>Rawd al-Qirtas</i>	Ibn Abi Zar' al-Fasi	788-1326	Mandada escribir por el sultán Abi Said Uthman II (1310-1331) y escrita en Fez en la primera mitad del s. XIV.
<i>Almuqtabis II-1</i>	Ibn Hayyan (Córdoba ad 987–1075)	s. XI	Escasas referencias climáticas
<i>Historia de los musulmanes españoles y africanos</i>	Abu-l-'Abbas Ahmad b. 'Abd Wahhab Sihhab al-Din al Nuwayri, conocido como Al-Nuwairi (1278-1332)		

Almuqtabis III	Ibn Hayyan	880-912	
Almuqtabis V	Ibn Hayyan	912-943	27 alusiones meteorológicas
Crónica de Abderraman III	Anónimo	912-961	
Anales Palatinos	Isa ben Ahmed ab Razi	971-975	Fue publicado por Ibn Hayyan, por lo que también es conocido como <i>Muqtabis VI</i>

Tabla 3. Principales eventos extraídos de las fuentes andalusíes. Organizados respecto a su fuente, evento y cronología árabe. Las fechas en negrita muestran los años mencionados en varias crónicas (Domínguez, 2012b: 78).

Main events extracted from the sources consulted. For each source we provide the type of event and date(s) of occurrence (Arabic calendar).								
Source	Drought	Flood	Rain	Hail	Cold	Hot	Wind	Locust
Al-Tabari	231, 232, 245, 281, 284	291	249, 285	—	241, 289	—	285	—
Al-Azdi	—	—	—	—	216, 232	—	—	—
Ibn Kathir	245, 296, 297, 348, 359, 377	328	249, 319	—	241, 308, 388, 389	298, 323, 331	298, 314, 378, 389, 398	311, 344, 348
Ibn al-Athir	348, 352, 358, 377	291, 378	249, 319, 378	—	241, 296, 314, 398	298	298, 378, 398	311, 342, 348
Ibn Taghri Birdi	242, 245, 358	328	—	—	296, 314	—	243, 314, 378	347
Al-Suyuti	281	—	285	—	314	—	243, 285, 378	—
Ibn al-Jawzi	297, 329, 358, 359, 377	328	—	335, 350, 354	289, 290, 308, 314, 388, 389, 398	298, 331	298, 389, 398	311, 331, 344, 347, 360
Al-Hamadhani	358	—	—	—	308	—	—	331
Hamza al-Isfahani	—	—	—	—	330, 332	—	—	—
Al-Sabi	—	—	—	—	389, 392	—	389	—
Summary	231, 232, 242, 245, 281 , 284, 296, 297 , 329, 348 , 352, 358 , 359 , 377	291, 328 , 378	249, 285 , 319 , 378	335, 350, 354	216, 232, 241 , 289 , 290, 296 , 308 , 314 , 330, 332, 388 , 389 , 392, 398	298 , 323, 331	243, 285 , 298 , 314 , 378 , 389 , 398	311, 331 , 342, 344 , 347 , 348 , 360
In bold are years which are mentioned in more than one source.								

Tabla 4. Síntesis de fenómenos meteorológicos en incidencias detectadas en las fuentes escritas durante el periodo almohade de al-Ándalus (Frey, 2016: 144).

	Europa		Castilla y León		Aragón	al-Andalus		Magreb*	
1207			HE, I						
(…)									
1213			S, HE	c, h, e		c, h, e		c, h, e	
1214			HE, S	c, h, e		c, h, e		c, h, e	
1215			L						
1216			L						
1217			L						
1218								S	
1219								S	
1220								S	e
1221								S	e
(…)									
1224	mc, c				c				
1225	mc, c				c				
1226	mc, c				c	e		e	
1227	mc, c					S	e	e	
1228	c					S		S	e, h
(…)									
1232					S	S		c, h, e	
1233	HE, L	e	HE			HE		HE	e, h, e
1234	HE	e	HE			HE			
1235						e			
1236	L, S								
1237						e, e		e, h, e	
1238	S, I					c, h, e		c, h, e	
1239						L		L	e
(…)									
1256	L	mc, c	c, h						
1257	c, e		c, h						
1258	c		c, h						
1259	c		c, h						
1260			c, h						
1261			c, h						
1262			c, h						
1263			c, h						
1264			c			c		c	
1265			c			c		c	
1266			c						
1267			c						
1268			c						

Clave: (S): Sequía; (L): Lluvia; (HE): Helada; (I): Inundaciones / (mc): Malas Cosechas; (c): Carestía; (h): Hambre; (e): Enfermedad.

*Incluye Magreb y Magreb al-Aqsà (actual Marruecos).

Tabla 5. Relación de fenómenos adversos recogidos en la Crónica de los Jueces de Teruel sobre los cultivos usando una metodología fenológica (Ibáñez, 1997: 224).

Año	Mes	Día	Situación descrita	Intensid.
1459	Indeter.	Indet.	Helada de todas las frutas y viñas	D
1472	Mayo	Indet.	Helada generalizada de las viñas	B
1474	Abril	7	Helada de las frutas	D
1475	Junio	28	Helada de las viñas no regadas	A-B
1476	Abril	26	Helada de las viñas	B
		29	Helada de las restantes frutas	D
1477	Mayo	6	Helada viñas; fruta ya gruesa no	¿B?, ¿C?
1478	No hay heladas tardías (buena cosecha de vino)			
1480	Abril	18 a 30	Helada de fruta, salvo algún nogal	¿D?
1481	Abril	24	Helada de la fruta	D
	Junio	7	"Rosada" y destrucción parte viñas	A-B
1482	Mayo	8	Helada de viñas y manzanos	D
1483	Abril	hasta 23	Viento. Cosecha razonable	A
1485	Abril	17	Nieva en la ciudad y en su entorno	A
1493	Mayo	4	Helada de viñas, "alvares" y trigos	C
1494	No hubo heladas en abril			
1495	Abril	13	Helada de viñas y frutas	D
1496	Marzo	Mes comp.	Helada de todas las frutas	D
	Mayo	4 y 9	Helada de parte de las viñas	A-B
1497	No hay heladas tardías (buena cosecha de vino)			
1498	Febr.-Mar.	Mes comp.	"Grandes fríos"	Indeter.
	Abril		Sin referencias a heladas	
	Junio	6	Frío en Mayo hasta 6 de Junio	A
1504	Abril	12	Nevada	A
		Mes comp.	Mal tiempo, pero no afecta frutas	A

Intensidad:

Indeter. = Indeterminada

A = Pese a que se menciona el frío o el mal tiempo, no se citan efectos negativos sobre los cultivos. Aunque las temperaturas puedan ser bajas, no descienden por debajo de los 0° C.

A-B = Destrucción parcial de la uva. Las temperaturas rondarán los 0° C, sin que posiblemente se llegue a bajar de forma importante por debajo de dicha cifra.

B = Destrucción total de la uva, pero sin que se señale la de otros productos. 0° C o menos, aunque sin alcanzar los -2° C (ya que se señalarían daños sobre otras producciones).

C = Se hielan el trigo durante la floración, además de la destrucción de la uva, sin que se señalen daños sobre otros cultivos. Las temperaturas rondarán los -2° C, pero sin bajar por debajo de esta, dado que afectarían a las cerezas y otras especies.

D = Se hielan todas las frutas, incluidas las manzanas. En función de los daños generados sobre los manzanos, se puede establecer unas temperaturas por debajo de -2° o de -5° C.

Tabla 6. Relación cronológica, espacial y causal de las inundaciones de Teruel y sus aldeas a finales de s. XV (Ibáñez, 1997: 226).

Fecha	Tipo	Río	Causa
1461	Agosto	Inundac.	Alfambra => Turia
1463/64	Indeterm.	Inundac.	Alfambra
1480	18 Mayo	Inundac.	Alfambra
1482	4 Agosto	Inundac.	Ramblas
1483	28 Julio	Inundac.	Indeterminado
	29 Julio	Inundac.	Alfambra => Turia
1485	12 Diciem.	Inundac.	Guadalaviar y Turia
	15 Diciem.	Inundac.	Guadalaviar y Turia
1486	6 Marzo	Crecida	Turia
1493	24 Julio	Inundac.	Indeterminado
1494	23 Julio	Inundac.	Alfambra => Turia

Tabla 7. Registro de las sequías producidas en el entorno de Teruel y sus aldeas (Ibáñez, 1997: 227).

Año	Duración	Cese	Probab.	Principal manifestación
1455	Indeterm.	1457	Segura	Se seca la Fuente de Cella
1456	Indeterm.	1457	Segura	Permanece seca la F. de Cella
1457	Indeterm.	Mismo año	Segura	Trasvase Laguna Tortajada => Turia
1463/64	Indeterm.	Indeterm.	Posible	Coste del pan: 10 ss./fanega
1470	Indeterm.	1471	Posible	Escasez de pan; 15 ss./fanega
1473	Indeterm.	1474	Posible	Subida precios. En Marzo: trigo (24 ss./fn.) y centeno (9 ss/fn)
1482	2 meses	15-III-82	Segura	Tierra seca
1483	1,5 meses	6-IX-83	Segura	Ausencia de lluvias
1484	Indeterm.	IX-1484	Segura	Sequía y calores que queman a gente
1493	>7 meses	24-VII-93	Segura	Se seca la Fuente de Cella
1494	±4 meses	IV-1494	Segura	Se seca la Fuente de Cella
1498	≥2 meses	IV-1498	Segura	Febrero y Marzo fríos y secos
1505	≥3,5 meses	8-IX-1505	Segura	Sequía y calores nunca vistos

Tabla 8. Cronología disponible para el estudio de las rogativas en Aragón y La Rioja (Cuadrat, 2012: 181).

Lugar	Inicio series continuas de rogativas	Final series continuas de rogativas	Observaciones
Zaragoza	1589	1921	Serie sin lagunas
Huesca	1595	1812	Lagunas frecuentes
Teruel	1622	1900	Lagunas escasas
Barbastro	1646	1879	Lagunas frecuentes
Calahorra	1651	1900	Serie sin lagunas
Sto Domingo de la Calzada	1607	1852	Lagunas escasas

Tabla 9. Relación de precios de alimentos en Europa por fecha y lugar (Lucas, 1930: 352-354).

Inglaterra				
Fecha	Lugar	Alimento	Cantidad	Precio
1313	Inglaterra, media nacional	Trigo	Cuarto	5 chelines
1315	Ibíd.	Trigo	Cuarto	30 chelines
1315 San Juan	Ibíd.	Trigo	Cuarto	40 chelines
1315 Navidad	Ibíd.	Trigo	Cuarto	20 chelines
1315	Ibíd.	Sal	Cuarto	30 chelines
1316	Ibíd.	Sal	Cuarto	40 chelines

Francia				
Fecha	Lugar	Alimento	Cantidad	Precio
Pascua de 1316	Francia, media nacional	Trigo	Septier (sextarium)	55-60 solidi parisino
1316	Ibíd.	Avena	Septier	30 solidi parisinos
1316	Ibíd.	Cebada	Septier	18 solidi parisinos
1316	París	Sal	Boissel	10 solidi parisinos
1316	Limoges	Sal	Emina	45 solidi parisinos
1316	Limoges	Huevo	1	1 denarius

Territorios germánicos				
Fecha	Lugar	Alimento	Cantidad	Precio
1316	Estrasburgo	Grano	Cuarto	30 chelines
1316	Territorios anexos a Estrasburgo	Grano	Cuarto	2 libras y 5 chelines
1315	Lübeck	Centeno	Shepel	10 solidi de Brandemburgo
1316	Bremen	Centeno	Shepel	24 groten

Flandes				
Fecha	Lugar	Alimento	Cantidad	Precio
1315 Día de Todos los Santos	Lovaina	Grano	<i>Modius</i>	5 libras
1315 San Andrés (30/11)	Lovaina	Grano	<i>Modius</i>	7 libras
1315 Nochebuena	Lovaina	Grano	<i>Modius</i>	10 libras
1316 Pascua	Lovaina	Grano	<i>Modius</i>	12 libras
1316 San Juan Bautista	Lovaina	Grano	<i>Modius</i>	16 libras
1316	Lovaina	Centeno	<i>Modius</i>	24 libras/11 florines
1316	Lovaina	Sal	<i>Modius</i>	24 libras
1316	Amberes	Centeno	Cuarto	60 <i>solidi</i>
1316 mayo	Tournai	Sal	<i>Raseria</i>	6 libras
1316 mayo	Tournai	Trigo	<i>Raseria</i>	40 <i>solidi</i>
1316 mayo	Tournai	Avena	<i>Raseria</i>	27 <i>solidi</i>
1316 mayo	Tournai	Guisantes	<i>Raseria</i>	45 <i>solidi</i>
1315	Fosses	Espelta	<i>Raseria</i>	6 <i>solidi</i>
1316	Fosses	Espelta	<i>Raseria</i>	40 <i>grossi</i>
1316	Lieja	Espelta	<i>Raseria</i>	4 <i>solidi</i>

Tabla 10. Mortalidad del ganado inglés en 1316 (Kershaw, 1973: 20-22).

Lugar	Ganado	Año	Número	Porcentaje de variación
Inkpen en la abadía de Tichfield	Ovino	1313	468	
		1317	137	-71%
Clipstone	Ovino	1316-1317	-	-72%
	Caprino	1316-1317	193	
			34	-83%
	Bovino	1318-1319	-	-20%
		1320	-	-40%
Crawley	Ovino	1315	-	-50%
Essex	Ovino	1321-1322	829	
		1321-1322	291	-65%
Teddington	Ovino	Años anteriores	74	
		1315-1316	44	-41%
Priorato de Bolton	Ovino	Años anteriores	3.000	
		1315-1316	1.005	-66%
		1317	913	-10%
Sheen	Ovino (corderos)	1313-1314	60	
			1	-98.4%
	Ovino	1313-1314		-50%
Parroquia de Kildwick y Long Presto	Ovino	Años anteriores	160 cabezas de impuestos a Bolton	
		1315-1316	28	-82.5%
		1317	38	35%
Abadía de Crowland	Ovino	Años anteriores	3.000	
		1313-1314	- (840)	-28%

Tabla 11. *Scabani* de Ypres. Número de muertos registrados semanalmente cada sábado desde mayo hasta octubre de 1316 (Lucas, 1930: 368).

Sábado	Mes	Día	Número de muertos	Cantidad pagada
-	Mayo	1	-	12s
Víspera de San Nicolás	Mayo	8	54	72s
Antes de la Ascensión	Mayo	15	-	30s
Después de la Ascensión	Mayo	22	173	70s 10d
Víspera de Pentecostés	Mayo	29	146	63s 10d
Víspera del domingo de Trinidad	Junio	5	101	49s 3d
Después de San Bernabé	Junio	12	107	50s 4d 1ob
Antes de San Juan Baptista	Junio	19	157	60s
Después de San Juan Baptista	Junio	26	149	58s 4d
Víspera de san Martín	Julio	3	155	58s 8d
Después de san Martín	Julio	10	167	61s 9d
Antes de St. María Magdalena	Julio	17	158	60s 1d
Después de St. María Magdalena	Julio	24	172	62s 9d
Víspera de San Pedro	Julio	31	190	65s 3d
Después de San Lorenzo	Agosto	7	191	65s 5d
Víspera de Nuestra Señora	Agosto	14	130	54s 9d
Víspera de san Bartolomé	Agosto	21	140	56s 8d
Después de san Bartolomé	Agosto	28	148	58s 2d
Antes de Nuestra Señora	Septiembre	4	138	56s 2d
Después de Nuestra Señora	Septiembre	11	124	53s 7d 1ob
Después del día de la Santa Cruz	Septiembre	18	115	51s 3d
Antes de San Remigio	Septiembre	25	37	38s 7d
Después de San Remigio	Octubre	2	27	31s
San Denis	Octubre	9	15	20s 9d
-	Octubre	16	-	-
San Luce	Octubre	23	-	2s
Todos los Santos	Octubre	30	-	4s
Total			2794	63l 9s 2d 2ob

Anexo 4. Gráficos

Gráfico 1. Fenómenos meteorológicos (de lluvia, tormentas, viento, granizo, heladas y nevadas) citados en los *Anales Palatinos* entre 971-975 comparados con la media de precipitaciones mensuales actuales (Domínguez, 2014: 374).

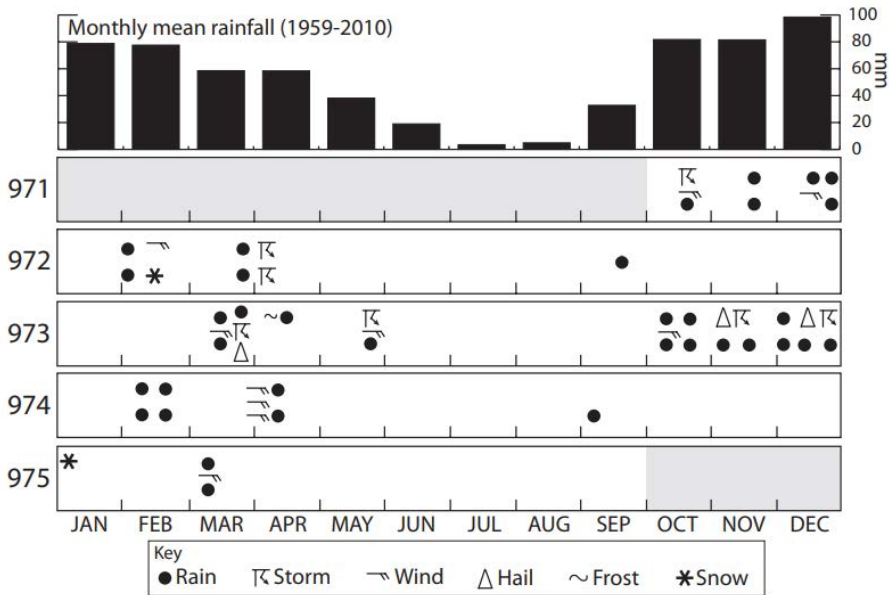


Gráfico 2. Reconstrucción de las alteraciones en las temperaturas estivales mediante fuentes naturales (Oppenheimer, 2003: 422).

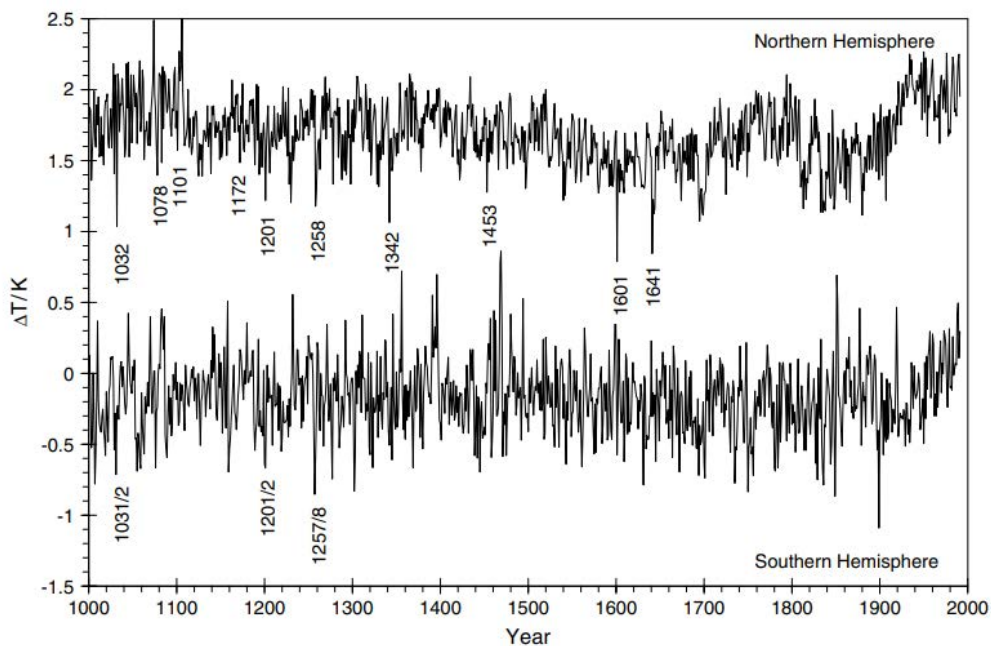


Gráfico 3. División del número total de referencias meteorológicas en las Crónicas de los Jueces de Teruel (Ibáñez, 1997: 223).

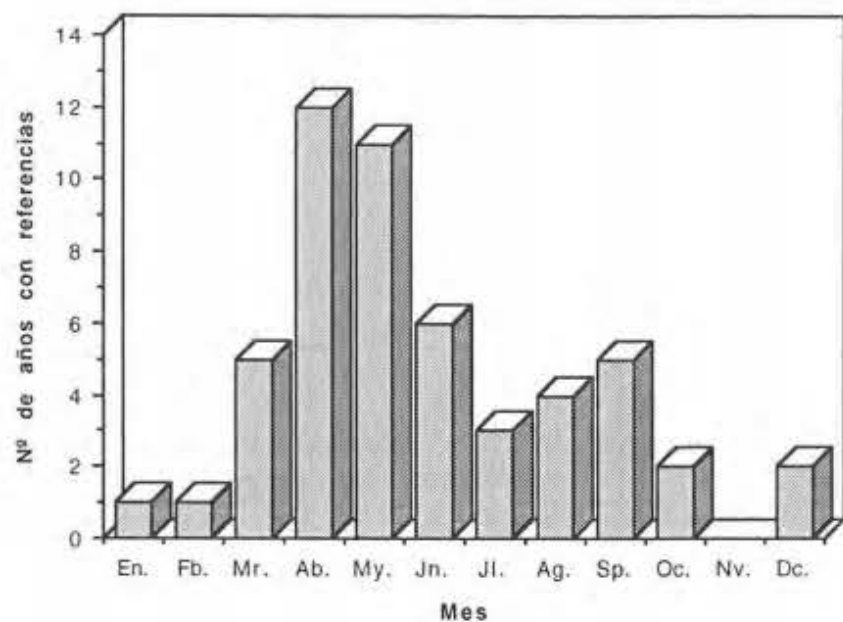


Gráfico 4. Intensidad y cronología de las sequías registradas en las Crónicas de los Jueces de Teruel (Ibáñez, 1997: 227).

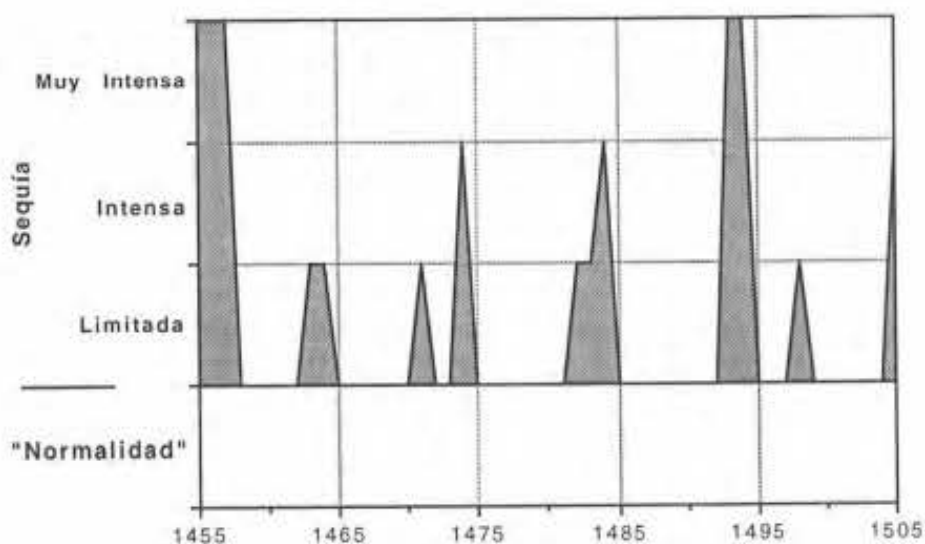


Gráfico 5. Eventos climáticos extremos en reconstrucciones dendroclimáticas de España. Representación de todas las variables, temperatura y precipitaciones máximas y mínimas (Manrique, 2000: 132).

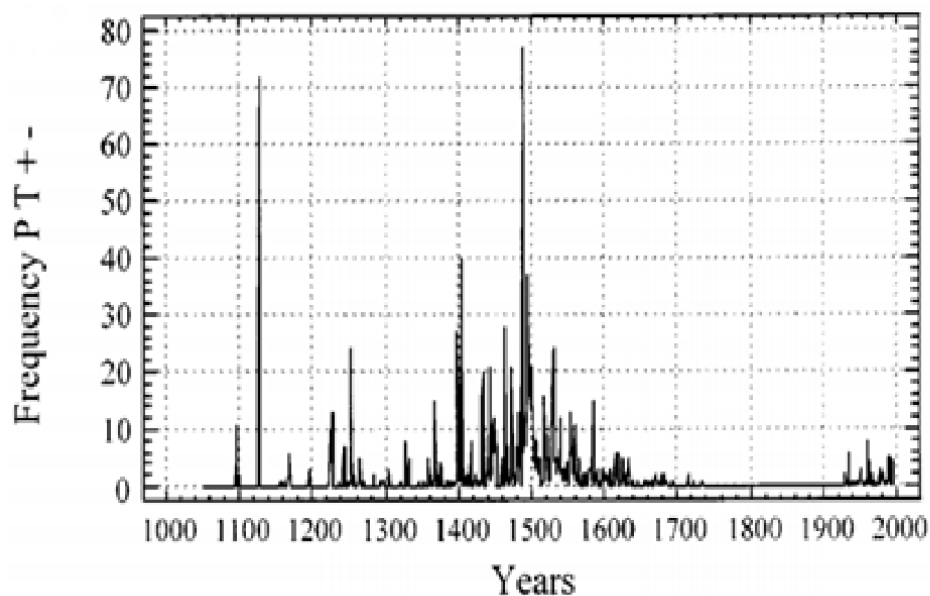


Gráfico 6. Precipitación y temperatura media anual de Navacerrada (Manrique, 2000: 128).

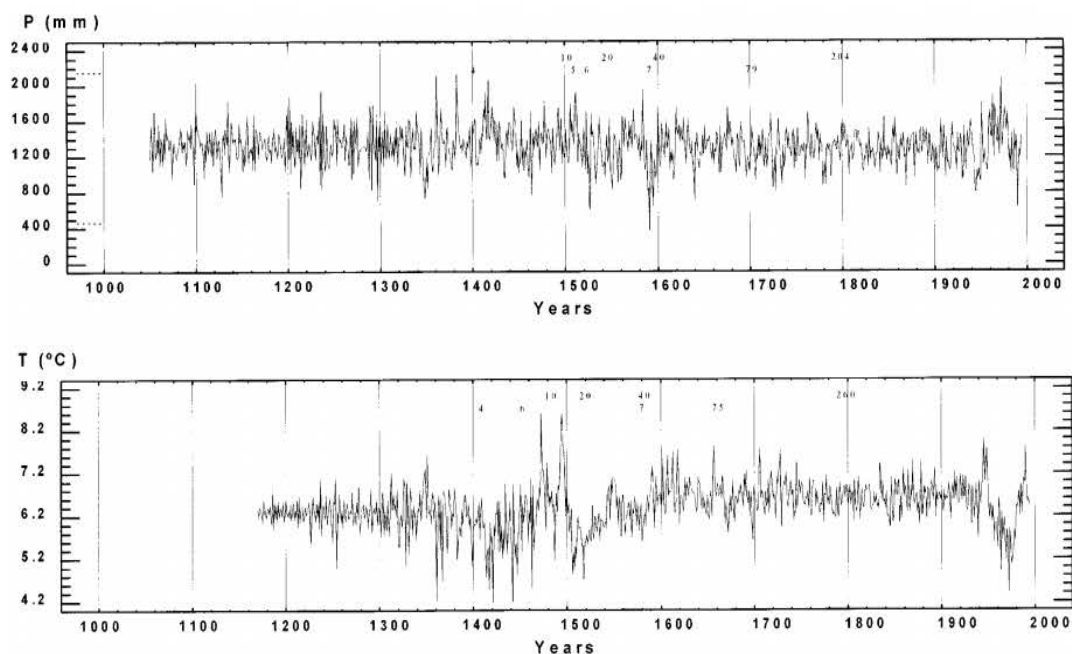


Gráfico 7. Número total y desglose de eventos climáticos extremos del reino de Aragón entre 1000 y 1500 (Rama, 2010: 1).

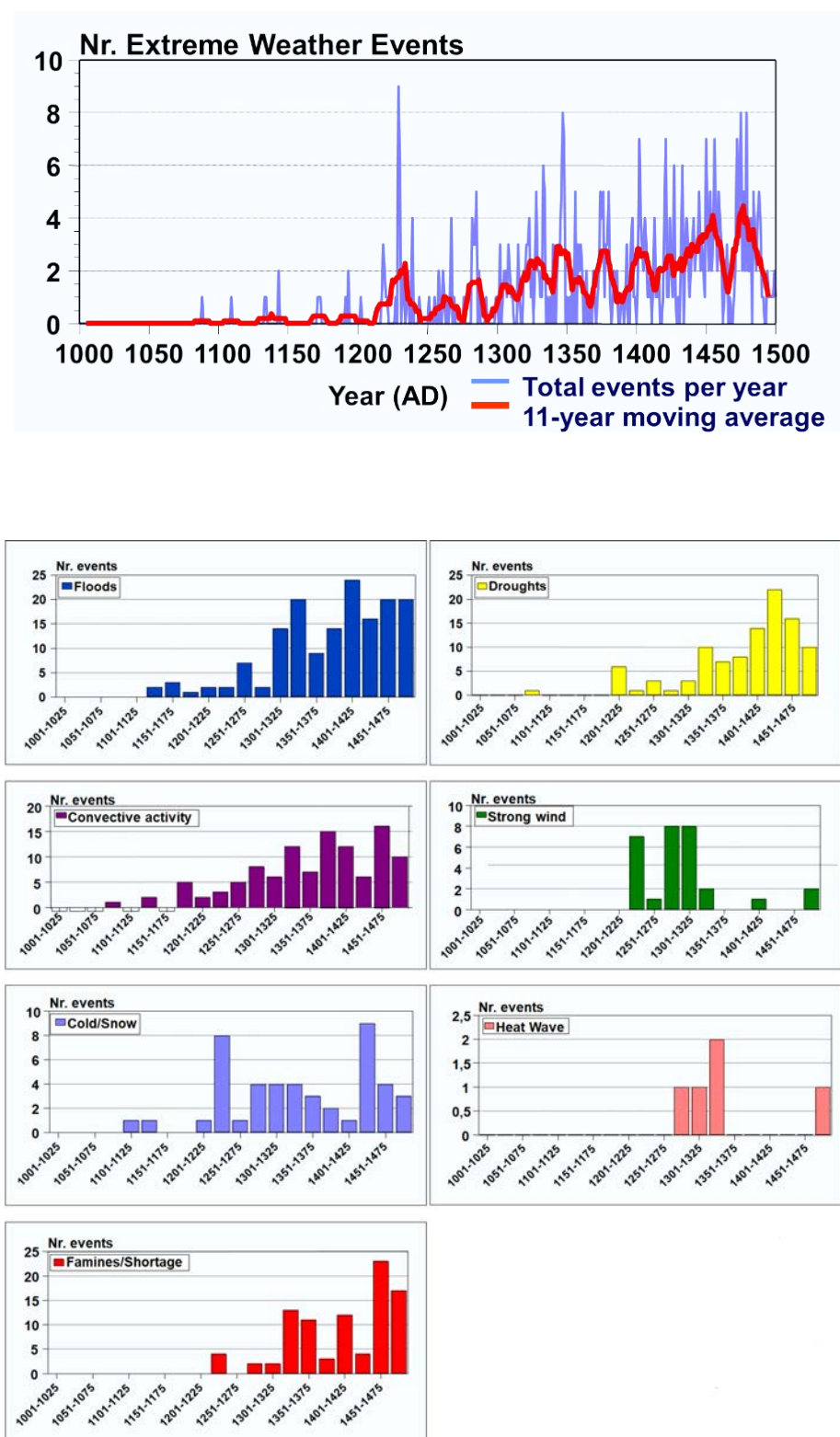


Gráfico 8. Reconstrucción de las anomalías globales y del hemisferio norte entre 500 y 1900 d. C. (Campbell, 2016: 37).

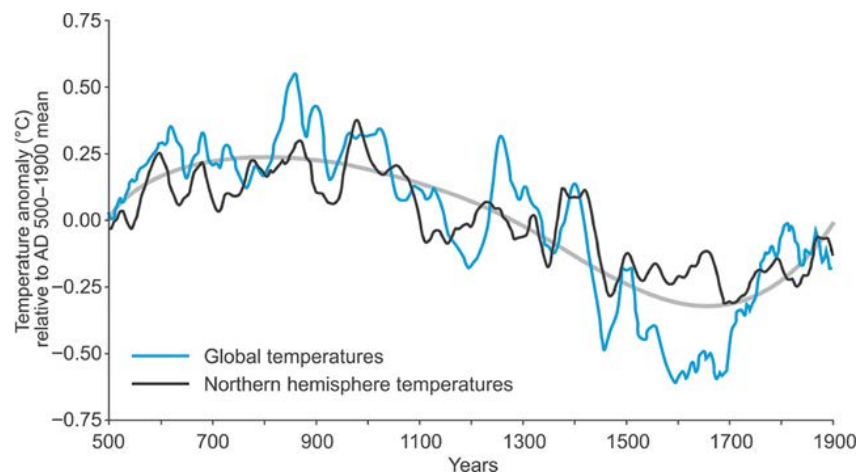
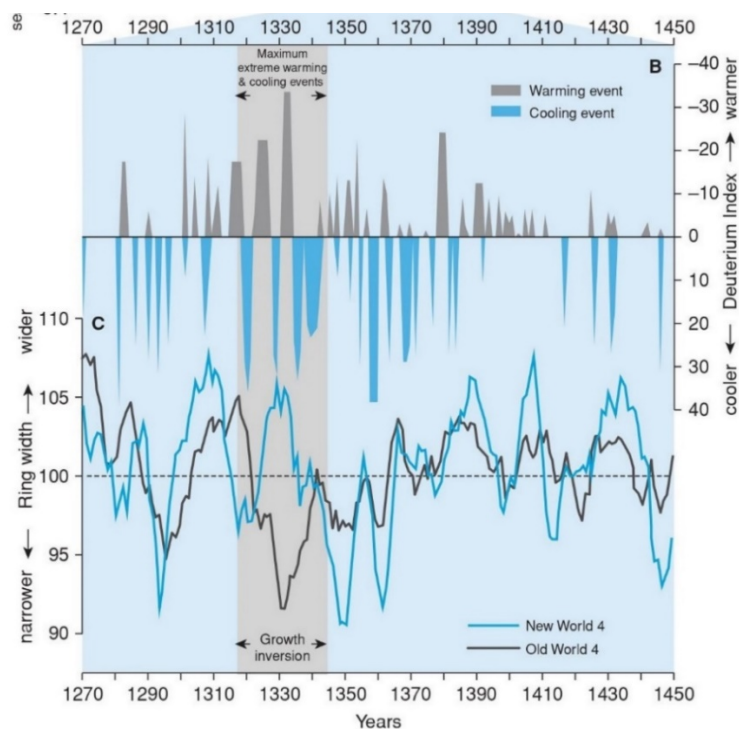


Gráfico 9. Imagen B, reconstrucción de las temperaturas del Atlántico Norte, 1100-1599. Imagen C, reconstrucción de las temperaturas de la superficie del mar del Atlántico Norte a partir del contenido de deuterio⁶¹ del hielo de Groenlandia (Campbell, 2016: 200).



⁶¹ El deuterio o ^2H es un isótopo estable del hidrógeno presente en la naturaleza.

Gráfico 10. Varianza (periodos de 51 y 99 años suavizados) de la anchura anual de los anillos de *Larix Sibirica*, 0-1900 AD (Campbell, 2016: 204).

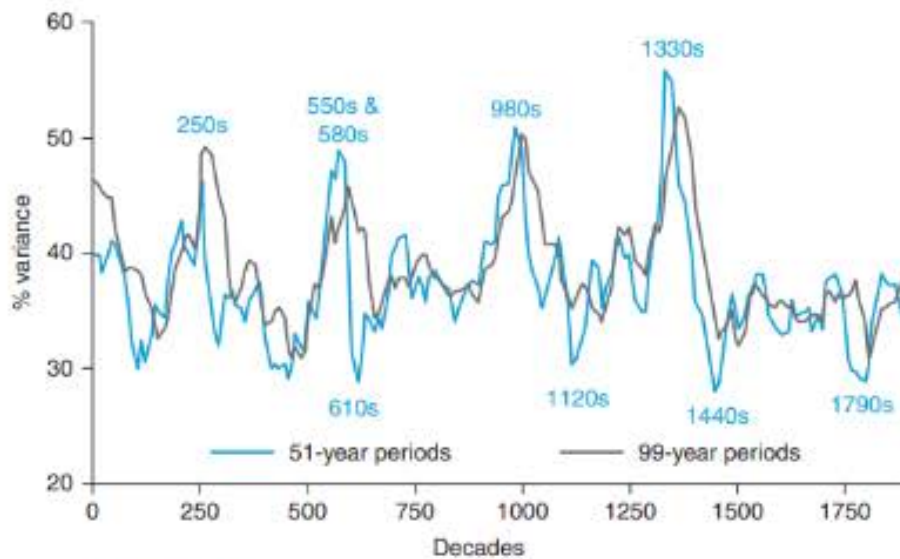
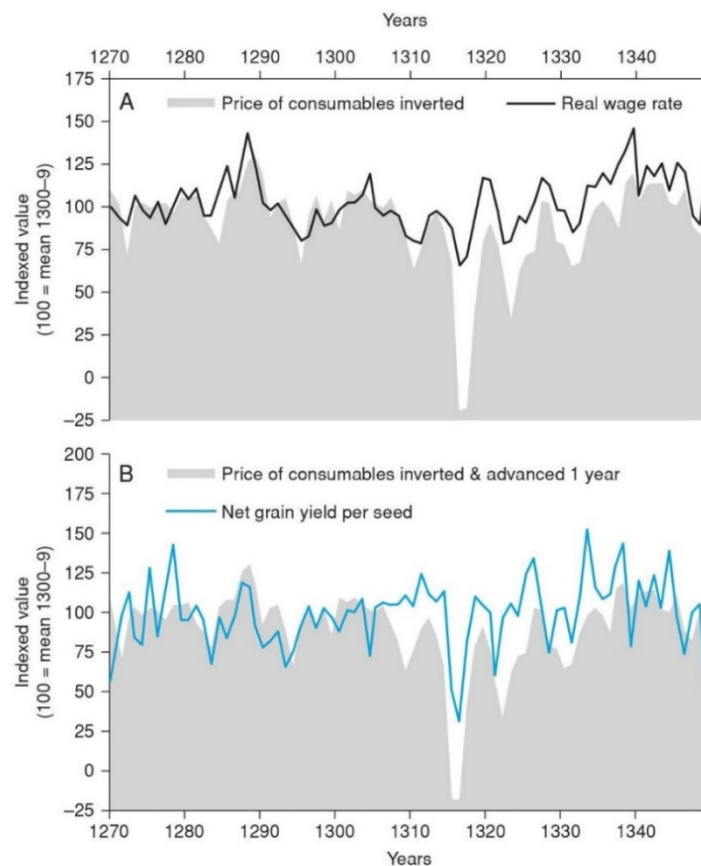


Gráfico 11. (A) Salario real diario de los trabajadores agrícolas ingleses y precio de una cesta de productos de consumo (invertido), 1270-1349. (B) Rendimiento neto inglés de grano por semilla y precio de una cesta de productos de consumo (invertido y adelantado 1 año), 1270-1349 (Campbell, 2016: 164).



Anexo 5. Otras fuentes complementarias: bases de datos informáticas

El desarrollo de la historia climática y de la paleoclimatología en las últimas décadas se ha visto favorecido de un modo determinante por la presencia de bases de datos y páginas web dedicadas a recopilar y compartir información. Todas ellas son de libre acceso y buscan activamente la ampliación de sus fondos. La gran mayoría de estas bases se han creado recientemente y cuentan con la ayuda de doctorandos con una clara vocación interdisciplinar. En las próximas líneas se expondrán algunos de los más importantes.

El primero y más desarrollado de estos proyectos es el *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) en su apartado de paleoclimatología (<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data>). El contenido que se puede consultar se compone, en su mayor parte, de registros obtenidos a partir de *proxy* naturales como testigos de hielo, dendrocronología, sedimentos y niveles lacustres, palinología, espeleotemas, estudios sobre incendios históricos, corales, insectos y paleofauna, entre otros. No solo contiene una cantidad ingente de información, sino que, además, su motor de búsqueda es muy preciso y exhaustivo y puede proporcionar también mapas interactivos y reconstrucciones climáticas. La mayoría de los científicos interesados en el ámbito climático vuelcan sus resultados en esta base de datos. También está relacionada y permite el acceso a artículos y proyectos de investigación referentes a la variabilidad climática. Su principal limitación es que la aplicación de estos datos no suele abarcar un periodo cronológico muy amplio, ya que se circunscriben al periodo contemporáneo o moderno. Además, su uso es bastante complejo y, en la mayoría de casos, se refieren a datos naturales que necesitan ser analizados por expertos o personas con conocimientos sobre el tema para poder interpretarlos correctamente.

Historical Climatology (<https://www.historicalclimatology.com/resources.html>) es un proyecto de investigación y difusión dirigido por Dagomar Degroot dentro del entorno de la Universidad de Georgetown. El principal objetivo de su página es compilar y hacer más accesibles para la comunidad científica las fuentes climáticas, de una forma fácil y sencilla. Los servicios que ofrece son de recopilación de bases de datos, herramientas de investigación, bibliografía y videos y enlaces de interés. Este portal comprende la labor de inventario y de favorecer la accesibilidad a otros motores de búsqueda. Para el estudio histórico, la información más determinante se encuentra en los múltiples bancos de datos registrados en la página. Dentro de ellos sobresalen *Euro-Climhist* que es especialmente útil porque contiene información fenológica y dendrocronología del periodo medieval; *Climatological Database for the World's Oceans* (CLIWOC), que recoge los diarios de bitácora europeos entre 1750 y 1850; *Tree Ring Drought Atlases* para el estudio dendrocronológico; y el *Institute for Ocean Technology Ice Database* junto con *Glaciers, Climate, and Society* para el estudio de los testigos de hielo y glaciares. Esta página web reúne muchas más bases referentes a registros climáticos globales, espacios lacustres, reconstrucciones de circulación atmosférica, vulcanología, movimientos poblaciones y registros históricos, tanto a nivel nacional, como internacional. Los estudios nacionales cubren espacios como Japón, Australia, Alemania, siendo uno de ellos la *Red Española de Reconstrucción Climática a Partir de Fuentes Documentales* (RECLIDO). Asimismo, es importante destacar las herramientas de reconstrucciones climáticas de *National Oceanic and*

Atmospheric Administration (NOAA), National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Snow and Ice Data Center (NSIDC), National Drought Mitigation Center y Carbon Brief.

Otra herramienta interesante es la que proporciona el *International Research Institute for Climate and Society* de la Universidad de Columbia. Entre sus servicios está la posibilidad de acceder a la biblioteca de datos climáticos en la que se puede hacer una reconstrucción climática sirviéndose de los índices *Palmer Drought Severity Index* y *Old World Drought Atlas* (OWDA). El *PDSI* analiza los parámetros de temperatura y precipitación para estimar la sequedad mientras que el OWDA, sirviéndose del *PDSI* y 106 muestras dendrocronológicas, hace una reconstrucción estival del hemisferio norte durante los últimos dos milenios (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/expert/home/.jennie/.PDSI/.OWDA/.pdsi/index.html>). Gracias a la unión de ambas bases de datos se puede obtener un mapa de cualquier zona de Europa y norte de África que indica la humedad y crecimiento arbóreo anual. La página <http://drought.memphis.edu/OWDA/#> también sirve al propósito de facilitar la obtención de mapas con datos *proxy* en función de diversos parámetros.

Otro servicio en la red es el de las reconstrucciones climáticas del proyecto conocido como '*Medieval Warm Period*' 1000-1200 AD, disponible en <http://t1p.de/mwp>. Se trata de la representación espacial de todas las investigaciones que pretenden determinar las alteraciones climáticas del periodo medieval mediante *proxies*. En el mapa aparecen figurados los lugares de donde se extrajeron las mediciones, un breve resumen de los resultados y los enlaces a la investigación específica. Los puntos representados en el mapamundi, según su color, señalan a grandes rasgos las conclusiones que se obtuvieron, pudiendo ser registros cálidos, fríos, secos, húmedos o indeterminados.

Por último, Robert C. Allen, de la Universidad de Oxford y Richard W. Unger, de la universidad de British Columbia, han habilitado una base de datos que analiza el costo de los productos del mercado, principalmente en Europa. Esta base se llama *Global Commodity Prices Database* (<http://www.gcpdb.info/>) y permite estudiar los precios de mercado filtrando por situación geográfica en un mapa, un mercado específico, el alimento/material comprado o vendido o la cronología. No contiene información climática *per se*, pero sirve de gran ayuda a la hora de evaluar las consecuencias económicas de las anomalías climáticas en la población en forma de carestías u otros fenómenos de mercado.